



Bromelias: diversidad, adaptaciones e importancia

Dra. Elizabeth Victoriano Romero

Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias
Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dra. Dulce María Figueroa Castro

Laboratorio de Interacciones Ecológicas, Facultad de
Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla

Abstract

Plants within the Bromeliaceae family have diverse intrinsic traits (anatomical, morphological, physiological) that allow them inhabiting in sites with different environmental conditions. Their distribution includes from arid sites (lacking nutrients and water) to cold sites. Currently, bromeliads are a diverse group distributed in different ecosystems throughout the American continent. Bromeliads have an important contribution to the abundance and diversity of ecosystems; also, they play an important role on nutrient cycling, and are a source of food, shelter, or habitat to diverse organisms. However, they are threatened by different factors, such as habitat fragmentation, climate change, and extraction from their ecosystems for human use. A first step towards bromeliad conservation is knowing their biology and the diversity of adaptations they hold. The goal of this contribution is to provide a general view of the different adaptations they have, where they live, and the diversity of interactions they establish.

Keywords: Bromeliaceae, CAM metabolism, rosettes, trichomes

Resumen

Las plantas de la familia Bromeliaceae presentan diversas características intrínsecas (anatómicas, morfológicas, fisiológicas) que les permiten habitar en sitios con distintas condiciones ambientales, desde sitios áridos y secos (con escasez de nutrientes y agua), hasta sitios fríos. Actualmente, las bromelias son un grupo diverso que se distribuye en varios ecosistemas del continente americano. Las bromelias son elementos importantes en los ecosistemas, por contribuir con la diversidad y abundancia, influir en

los ciclos de nutrientes, y por brindar alimento, refugio o hábitat a diversos organismos. No obstante, se enfrentan a la fragmentación del hábitat, el cambio climático, así como a la extracción de los ecosistemas para uso humano. Un primer paso para conservar a las bromelias es conocerlas. Este trabajo tiene como objetivo mostrar las distintas características que presentan, donde habitan, así como qué interacciones tienen.

Palabras clave: Bromeliaceae, metabolismo CAM, rosetas, tricomas

Introducción

Las especies de la familia Bromeliaceae son plantas herbáceas que pertenecen al grupo de las monocotiledóneas dentro de las angiospermas o plantas con flores y frutos. Las bromelias no son tan ajena a ti como quizás pienses, ya que todos en algún momento hemos tenido contacto con alguna de ellas. Entre las más conocidas, están la piña (*Ananas comusus*) y la “piñuela” (*Bromelia pinguin*), especies cuyos frutos son consumidos por el humano. Así mismo, el “heno” (*Tillandsia usneoides*) es utilizado comúnmente como parte de las celebraciones navideñas en la temporada decembrina. Otra especie que vemos frecuentemente, es *Tillandsia recurvata*, también conocida como “gallinitas”; que crece y cumple su ciclo de vida sobre los cables de luz. La piña, el heno y las gallinitas son muy distintas entre sí, pero todas pertenecen a la misma familia, ¿qué características generales distinguen a las bromelias?

Por ser plantas monocotiledóneas, las bromelias carecen de tejido leñoso; no presentan una raíz principal, sino muchas raíces similares en tamaño y grosor; sus hojas tienen venación paralela y sus partes florales (por

ejemplo, pétalos, sépalos, estambres) se presentan en múltiplos de tres. Además, las bromelias tienen tallos cortos (poco visibles a simple vista) con un alto contenido de agua (suculentos). Las hojas se insertan alrededor de los tallos formando una roseta (Figura 1A). El margen (borde) de las hojas es variable, pudiendo ser liso o entero, aserrado o incluso espinoso.

Sus raíces generalmente son escasas, fibrosas y rígidas. Las flores de las bromelias son perfectas, esto es, que poseen estructuras reproductivas tanto masculinas como femeninas. Las bromelias producen numerosas flores que se encuentran agrupadas formando inflorescencias, ya sea laterales o terminales (Figura 1B).



Figura 1: Características generales de las bromelias. Crecimiento en forma de roseta de *Tillandsia capitata* (A) y producción de flores agrupadas formando una inflorescencia en *Tillandsia multicaulis* (B).

Las bromelias son un grupo monofilético, esto es, que todas las especies dentro de la familia comparten un ancestro en común (Barfuss *et al.* 2005). En el Neotrópico, Bromeliaceae es una de las cinco familias de angiospermas más diversas, con poco más de 3600 especies, pertenecientes a 78 géneros y ocho subfamilias (Brochiminoideae,

Hectioideae, Lindmanioideae, Navioideae, Pitcairnioideae, Puyoideae y Tillandsioideae). De éstas, Bromelioideae (con aproximadamente 800 especies, 22.2% del total de especies de bromelias), Pitcairnioideae (406 especies, 11.3%) y Tillandsioideae (1500 especies, 41.6%), en conjunto, contienen el 75% de las especies de toda la familia. África es el centro de origen de la familia,

misma que posteriormente se dispersó al continente americano, donde las bromelias encontraron condiciones óptimas para establecerse, ampliar su distribución y evolucionar. Hoy en día, *Pitcairnia feliciana* es la única especie que habita África, el resto de las bromelias se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta la Patagonia. Debido a que su distribución está mayormente restringida al continente americano, se considera como una familia endémica de América. Entre los países con mayor diversidad de bromelias está Colombia (391 especies), Ecuador (368 especies), y Perú (410 especies). Además, una gran diversidad y nivel de endemismo (especies cuya distribución está restringida a sitios específicos) de bromelias se presenta en México [(422 especies de bromelias, de las cuales 318 son endémicas (representando el 75.3% del total)], Venezuela [364 especies, 177 endémicas (que representan 48.6% del total)], y Brasil [816 especies, 651 endémicas (representando el 79.9% del total)] (Espejo-Serna *et al.* 2018; Zizka *et al.* 2019).

Las especies de bromelias que se distribuyen en México pertenecen a 19 géneros. Los que comprenden una mayor diversidad de especies en México, son *Pitcairnia* (11.8% de las especies), *Hechtia* (16.8% de las especies) y *Tillandsia* (54.5% de las especies). Éste último género tiene un alto número de endemismos en México (144 especies, 62.6% de las especies del género). Los estados de la República que albergan la mayor riqueza de bromelias son Oaxaca con 139 especies (32.93% del total de especies en México), Chiapas con 126 especies (29.85%), Veracruz con 91 especies (21.56%), Guerrero con 88 especies (20.85%), Jalisco con 72 especies (17%) y Puebla con 58

especies (13.74%). De estos, Oaxaca y Guerrero presentan el más alto porcentaje de endemismos (28.4% y 23.9% de las especies totales de México, respectivamente) (Espejo-Serna *et al.* 2018).

Las bromelias habitan en una gran variedad de ecosistemas, tales como bosque siempre verde, bosque de niebla, bosque seco, matorral, pastizal y sabana. Además, pueden establecerse y cumplir su ciclo de vida sobre una amplia variedad de sustratos (troncos, rocas, cables de luz, tejas de barro). De acuerdo con el tipo de sustrato en el que se establecen, se distinguen tres hábitos de vida principales: i) terrestre (plantas que crecen y se desarrollan ancladas al suelo), ii) litófita, también conocido como saxícola o rupícola (plantas que viven sobre afloramientos rocosos o en acantilados) y, iii) epífito (plantas que usan como soporte otras plantas sin parasitarlas). De estos hábitos, el epífito es el más común, estando presente en el 59% de las especies de bromelias. No obstante, aunque algunas especies tienen un solo hábito (la piña, *Ananas comosus*, es terrestre; *Tillandsia recurvata* es epífita), otras especies pueden establecerse en dos tipos de sustratos (*Aechmea nudicaulis* es epífita y rupícola, *Aechmea lamarchei* es terrestre y epífita) o incluso presentar los tres hábitos (*Aechmea distichantha*).

Las variadas adaptaciones (anatómicas, morfológicas y fisiológicas) de sus especies ha permitido una alta y rápida diversificación de esta familia. En conjunto, esas adaptaciones les permiten establecerse y enfrentar distintas condiciones ambientales, por lo que pueden habitar en una gran variedad de sustratos y hábitats.

Adaptaciones de las Bromelias ante diferentes condiciones ambientales

Alta temperatura, radiación solar y estrés hídrico.

En sitios áridos o semiáridos, dónde la escasez de agua es constante (*i.e.*, pastizales, matorrales, desiertos, bosque seco y/o en la copa de los árboles o sobre sustratos completamente expuestos a la radiación solar), las bromelias han desarrollado características que les permiten resistir a la desecación y evitar la pérdida de agua. Estas características son anatómicas, morfológicas y fisiológicas. Entre las características anatómicas se encuentra el desarrollo de cutículas engrosadas, estomas (estructuras de intercambio gaseoso en las plantas) hundidos, tejidos suculentos, hipodermis y tricomas. La cutícula es una capa de ceras (compuesta principalmente de lípidos) que recubre toda la superficie de las plantas. Entre sus funciones se encuentra evitar la incidencia directa de radiación solar sobre los tejidos vegetales y la pérdida de agua por transpiración (pérdida de agua en forma de vapor desde los tejidos internos de la planta). Así mismo, la cutícula confiere cierta impermeabilidad a las plantas. De esta manera, una cutícula de mayor grosor es ventajosa en ambientes con una alta incidencia de luz y temperaturas altas, ya que evita que la planta pierda agua. Algunas bromelias que presentan una cutícula gruesa son *Aechmea aguilega*, *Bromelia karatas*, *Tillandsia makoyana*.

Otra adaptación anatómica que presentan las bromelias son los estomas hundidos, los cuales se ubican hacia el interior de la epidermis. Este tipo de estomas amortigua las condiciones ambientales de alta temperatura y radiación solar, y es un mecanismo eficiente de conservación de agua en los tejidos de la planta. Por lo anterior, las

bromelias con estomas hundidos pueden habitar en sitios secos (bosque seco, matorrales) y/o las copas de los árboles expuestas directamente a la radiación solar y a altas temperaturas. Algunas bromelias con estomas hundidos son *Aechmea bracteata*, *Bromelia pinguin*, *Guzmania monostachia* y *Quesnelia augusto-coburgii*. Otra característica de las bromelias que crecen expuestas a condiciones ambientales secas es la disminución en la densidad de estomas. De esta forma, se evita la pérdida de agua. Entre las especies de bromelias que tienen una baja densidad de estomas se encuentran *Tillandsia recurvata* y *T. schiedeana*.

El tejido suculento (también denominado parénquima acuífero) tiene la función de almacenar agua en los tejidos internos de la planta, que usará durante los períodos de sequía. En las bromelias, la suculencia se presenta en cinco de las ocho subfamilias. Los géneros con el mayor número de especies suculentas son *Hechtia* (Hechtioideae), *Deuterocohnia*, *Dyckia*, *Encholirium* (Pitcairnioideae) y *Puya* (Puyoideae). Los tejidos suculentos se presentan tanto en hojas como en tallos. En el caso de las hojas, hasta el 85% del volumen de la hoja almacena agua. En las hojas de las bromelias, el grado de suculencia puede ser homogéneo (suculencia por igual en ambas caras, como en *B. tubulosa* y *B. scarlatina*) o heterogéneo. Por ejemplo, algunas especies tienen mayor suculencia en el envés de la hoja (*Bromelia morreniana*), mientras que otras en el haz (*Pitcairnia albiflora*, *P. heterophylla*). En cuanto a la suculencia en tallos, las bromelias del género *Puya* (*P. andina* y *P. raimondii*) presentan tallos que alcanzan hasta 4 metros de altura y hasta un metro de diámetro. Por otra parte, en sitios donde la precipitación es escasa, los

tallos almacenan agua rápidamente durante la temporada de lluvias, que puede ser utilizada durante el periodo de sequía. *Hechtia podantha*, *Dickya marnier-lapostollei*, *Guzmania lingulata*, y *G. monostachia* son especies de bromelias en las que se presenta este fenómeno. Aunado a la succulencia, en hábitats secos y con periodos de lluvia cortos, las bromelias pueden desarrollar una hipodermis en las hojas. Este es un tejido que consta de una o varias capas de células que se forman por debajo de la epidermis y por encima del tejido suculento. La hipodermis amortigua los cambios en el contenido de agua en los tejidos internos de las bromelias entre periodos de abundancia y escasez de agua. Ejemplos de especies que presentan hipodermis son *Aechmea bromeliifolia*, *Ananas bracteatus*, *Bilbergia nutans*, *Bromelia balansae*, *Tillandsia recurvata*, y *T. tricholepis*, entre otras.

Alrededor del 80% de las bromelias (2885 especies) presentan tricomas (*trichos* significa pelo) especializados en sus hojas. Estos tricomas se encuentran adheridos a la epidermis de las hojas y varían en su forma, pudiendo tener forma de estrella, de paraguas (llamados peltados), y con alas. En ocasiones se presentan varios tipos de tricomas en una misma hoja. Entre las funciones que desempeñan los tricomas, se encuentran las de protección y de absorción. En el caso de la función de protección, los tricomas presentan una coloración grisácea y/o plateada que permite reflejar los rayos de luz y evita el sobrecalentamiento de los tejidos internos de las hojas. De esta manera, una alta densidad de tricomas resulta particularmente favorable en hábitats en los que las bromelias están expuestas a la radiación solar directa. Respecto a la función de absorción, los tricomas presentes en plantas de la familia

Bromeliaceae se especializaron para poder obtener humedad directamente de la atmósfera, lo cual les confiere ventajas en ambientes donde el agua es un recurso limitante. En general, tanto los tricomas de protección como los de absorción se presentan en bromelias de cualquier hábito (terrestres, litófitas y epífitas).

En cuanto a características morfológicas, se encuentra la forma de las rosetas (Figura 1A), distinguiéndose tres tipos, en forma de tanque (Figura 2), nebulofitas (Figura 3A y 3B) y pseudobulbosas (Figura 3C). Aunque los tres tipos de rosetas tienen un papel central en la conservación del agua, cada una de las tres tiene mecanismos distintos para lograrlo. Las rosetas tipo tanque se caracterizan porque la disposición circular de sus hojas deja espacios o cavidades en el centro de la planta, donde el agua puede ser retenida (Figura 2). En las plantas, cualquier cavidad que tenga la capacidad de retener agua se conoce como "fitotelma"; término proveniente del griego *phyto* que se refiere a planta y *telma* que significa estanque. Las bromelias tanque pueden encontrarse tanto en sitios húmedos como en sitios áridos. Es en estos últimos, el tanque es una adaptación eficaz para la retención del agua de lluvia por cierto periodo de tiempo; misma que puede emplear cuando así lo requiera. Alrededor del 55% de las especies de bromelias presentan rosetas tipo tanque. Este tipo de roseta no es exclusivo de un género o hábito de vida, por lo que tanto especies terrestres, como litófitas y epífitas pueden presentarlo. El tamaño del tanque y la cantidad de agua almacenada en su interior varía entre especies de bromelias. Los tanques más pequeños almacenan entre 0.02 y 0.60 litros de agua, mientras que los más profundos pueden llegar a almacenar hasta 5 litros de agua.

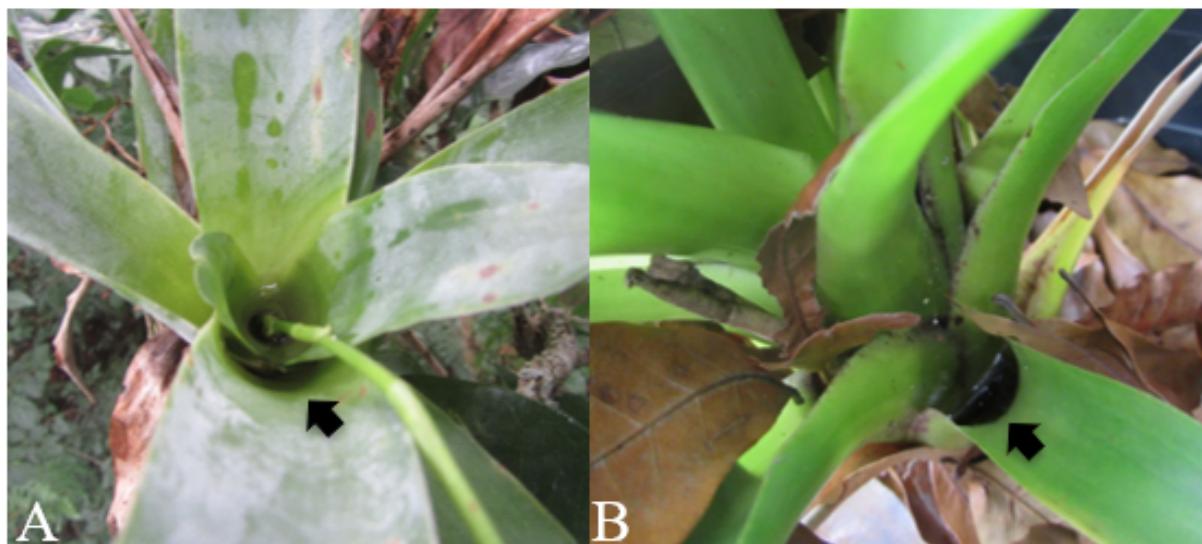


Figura 2: Bromelias tipo tanque. Las flechas negras señalan las cavidades donde se distingue el agua retenida en la roseta tanque de (A) *Catopsis sessiliflora*, y (B) *Tillandsia multicaulis*.

Las rosetas de tipo nebulofita sitos con lluvias escasas, donde la (igualmente conocidas como atmosféricas) intercepción de neblina es crucial para también son adaptaciones para que la planta obtenga agua. *Tillandsia* enfrentar la aridez y el estrés hídrico. El término nebulofita proviene de los vocablos nebulosa que significa “niebla” y *phyto* que refiere a “planta”. Por lo tanto, una planta nebulofita es aquella capaz de interceptar la niebla. Las bromelias nebulofitas presentan un gran número de hojas alargadas y delgadas (similares a las hojas de algunos agaves y yucas, que también son nebulofitas), con poca o moderada succulencia, y con presencia de tricomas (Figura 3). La intercepción de gotas de niebla se da a través de la coalición de corrientes de viento entre las numerosas hojas delgadas y estrechas de las bromelias, donde los tricomas se encargan de absorber el agua. Las bromelias nebulofitas pueden encontrarse en distintos tipos de bosques (bosques siempre verdes, bosques de niebla, bosques fríos, bosques secos). No obstante, son más frecuentes en es el género de bromelias con el mayor número de especies nebulofitas. Algunos ejemplos son *Tillandsia ionantha*, *T. juncea* (Figura 3A), *T. recurvata* y *T. schiedeana* (Figura 3B).

Por otro lado, las bromelias pseudobulbosas se caracterizan por presentar en la base de la roseta cavidades que se originan del enrollamiento de las hojas (hojas involutas), dando una apariencia “globosa” en la base de las hojas suculentas. Las bromelias pseudobulbosas presentan tricomas que favorecen la absorción de agua a través de la superficie de las hojas, y la almacenan en los tejidos suculentos de las hojas, para usarse en los períodos de sequía. Algunas especies pseudobulbosas son *Tillandsia bulbosa*, *T. butzii*, *T. pauciflora* y *T. caput-medusae* (Figura 3C).



Figura 3: Ejemplos de bromelias con distintos tipos de roseta. *Tillandsia juncea* (A), y *T. schiedeana* (B) son bromelias epífitas de tipo nebulofito, mientras que *T. caput-medusae* (C) es de tipo pseudobulboso.

Por último, entre las características fisiológicas que permiten a las plantas sobrevivir ante condiciones de sequía y de alta radiación solar, se encuentra el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés). Alrededor del 60% de las especies de bromelias lo presentan. Las plantas con este tipo de metabolismo abren sus estomas y llevan a cabo el intercambio gaseoso durante la noche. De esta manera, evitan la pérdida de agua que conllevaría la apertura estomática durante el día, cuando la temperatura es alta y la radiación solar incide directamente sobre los tejidos fotosintéticos. El dióxido de carbono capturado durante la noche se almacena en forma de ácido málico y, al día siguiente es transformado a través del proceso fotosintético. El metabolismo CAM se

desarrolló de manera independiente en distintos grupos de bromelias y no está asociado a algún hábito de crecimiento (terrestres, litófitas y epífitas) en particular. Esta característica fisiológica no se encuentra entre las especies de bromelias más primitivas, por lo que es que es una adaptación clave en grupos más recientes que permitió la alta diversificación de la familia. En consecuencia, al ser una vía fotosintética eficiente en el uso del agua permitió que las bromelias pudieran habitar en condiciones ambientales caracterizadas por una estacionalidad marcada, con gran aridez o con alta exposición a la radiación solar. Actualmente, los géneros *Hechtia* y *Tillandsia* son los que presentan una mayor proporción de especies con metabolismo CAM (100% y 60% de las especies, respectivamente). Las especies de estos géneros habitan

mayormente en sitios directamente expuestos a altos niveles de radiación solar, como bosques secos o sobre acantilados (bromelias del género *Hechtia*), así como sobre las copas de los árboles (especies del género *Tillandsia*).

Escasez de nutrientes.

La diversificación de la familia de Bromeliaceae ocasionó la evolución de distintas adaptaciones morfoanatómicas entre las especies de bromelias para la obtención de nutrientes. Esto ha favorecido la ampliación de su distribución geográfica, permitiéndoles colonizar sitios con escasez de nutrientes (sitios áridos y secos como bosques caducifolios, matorrales, copas de los árboles, bloques de rocas). De manera general, se reconocen dos adaptaciones importantes para la obtención de nutrientes, una de tipo anatómico (tricomas en las hojas) y otra de tipo morfológico (rosetas tipo tanque).

En algunas especies de bromelias la fuente principal de obtención de nutrientes es a través de los tricomas foliares. Los tricomas en las hojas de las bromelias absorben los nutrientes directamente de la atmósfera. Este proceso inicia con la deposición de los nutrientes minerales en seco sobre la superficie foliar gracias a la acción de las corrientes de viento; y, posteriormente, cuando las hojas se humectan por la caída de lluvia o la presencia de niebla en el ambiente, los minerales se disuelven en el agua y son absorbidos a través de los tricomas. Ejemplos de bromelias que obtienen nutrientes mediante tricomas absorbentes son *Tillandsia juncea* (Figura 3A), *T. usneoides*, y *T. recurvata*, todas de hábito epífito. Estas bromelias epífitas se encuentran en un ambiente con constante falta de nutrientes (porque

sus raíces no participan en la absorción y solo cumplen la función de anclaje), por lo que los tricomas foliares son su única fuente de obtención de nutrientes. Por otra parte, en especies de bromelias en forma de tanque, la materia orgánica vegetal (proveniente de la caída de hojas y ramas de otras plantas) y animal (invertebrados que cumplen su ciclo de vida y mueren dentro de la roseta) se acumula en el interior de la roseta. Esta materia orgánica entra en proceso de descomposición dentro del tanque de la bromelia, de tal manera que los nutrientes quedan disponibles y pueden ser absorbidos por los tricomas que están presentes en la superficie de las hojas y las zonas donde se unen las hojas y los tallos. Esta forma de absorción de nutrientes mediante el tanque es importante en bromelias de hábito epífito y litófita. *Guzmania monostachia* (epífita), *Vriesea minarum* (litófita) *Tillandsia fasciculata* (epífita), y *T. lenca* (litófita) son algunos ejemplos de bromelias con absorción de nutrientes mediante el tanque. Por último, existen bromelias que pueden presentar de manera conjunta las dos características ya mencionadas (tricomas foliares y rosetas tipo tanque). En conjunto, ambas características hacen más eficiente la adquisición de nutrientes. Tal es el caso de especies como *Aechmea nudicaulis* (hábito epífito y litófita), y *Tillandsia makoyana* (hábito epífito).

Baja temperatura.

Aunque las bromelias se distribuyen mayormente en climas tropicales y cálidos, algunas especies, como las del género *Puya* (que comprende poco más de 200 especies) se distribuyen en regiones con altitudes por encima de los 3000 o 3500 m snm. Entre las condiciones ambientales imperantes en estos sitios de mayor altitud

se encuentra la caída de nieve, temperaturas promedio de entre 3.7°C y 19.4°C, y exposición a una alta radiación solar ocasionada por la baja frecuencia de nubes y la acción constante del viento. Para enfrentar estas condiciones, las bromelias han desarrollado adaptaciones morfológicas (como las hojas marcescentes, es decir, hojas muertas y persistentes en la planta), así como anatómicas (tricomas e hipodermis) para soportar el ambiente gélido.

Las hojas marcescentes son una adaptación morfológica que da a las bromelias un aspecto robusto (dando la apariencia de una “falda”) y protector. Esto se debe a que una vez que las hojas mueren, se quedan adheridas alrededor del tallo, aislándolo de la alta radiación solar y del impacto de los vientos, a la vez que lo protegen de las bajas temperaturas durante la noche. Algunas especies del género *Puya* con presencia de hojas marcescentes son *P. goudotiana*, *P. raimondii*, y *P. rahuii*. Por otra parte, algunas especies de bromelias que se distribuyen en zonas con bajas temperaturas y altas elevaciones presentan una alta densidad de tricomas en los tallos que sostienen las flores, aislándolos de las bajas temperaturas y proporcionando la temperatura óptima para la maduración de las estructuras reproductivas. En Ecuador, se realizó un experimento en el que se removieron los tricomas y se midió la temperatura del tallo de las especies *P. hamata*, y *P. clava-herculis*. En ese experimento se encontró que una vez que los tricomas eran removidos, los tejidos de la planta tenían 4°C menos en comparación con los tallos que mantenían los tricomas intactos. Otra adaptación de las bromelias a sitios con gran altitud y condiciones frías, es la hipodermis. Este tejido al

encontrarse bajo la epidermis protege a los tejidos internos de la planta de las variaciones de temperatura. Durante el día, la hipodermis evita los efectos de la radiación solar directa sobre los tejidos internos de las hojas; mientras que en la noche es una barrera de aislamiento de antes las temperaturas bajas, como en *P. raimondii*.

Papel ecológico de las bromelias en los ecosistemas

Las bromelias son elementos importantes en los ecosistemas por proveer refugio, hábitat, alimento y agua a otros organismos, lo que contribuye al mantenimiento de las poblaciones de un gran número de especies. Por ejemplo, *Aechmea distichantha* es una bromelia tipo tanque que interactúa con hasta 347 especies de animales y presenta hasta 495 asociaciones con distintos organismos. El 60% de las especies de animales que interactúan con ella la usan como hábitat o refugio; el 35% como fuente de alimento (consumiendo sus hojas, tallos, frutos y el néctar de sus flores); y el 4% de sus interactuantes la emplean como sitio de anidamiento (Freire *et al.* 2021). En México y en Estados Unidos, *Tillandsia usneoides*, comúnmente conocida como heno, es usada como refugio migratorio y de hibernación por distintas especies de murciélagos del género *Lasiurus*. Esta bromelia les brinda protección contra la lluvia y contra sus depredadores, así como un sitio seguro y una temperatura adecuada para sus crías.

Entre los organismos que interactúan con las bromelias destacan bacterias, hongos, algas, helmintos, insectos (abejas, cucarachas, escarabajos, hormigas, y mariposas, entre otros), arañas, ranas, salamandras, serpientes, aves, así como mamíferos (ardillas, murciélagos y monos). Los insectos

son el grupo de invertebrados con los que las bromelias establecen una mayor diversidad de interacciones. Las hormigas sostienen interacciones mirmecófilas (asociación especializada benéfica tanto para la planta como para las hormigas) con las bromelias. Por ejemplo, las bromelias *Aechmea martensii*, *A. tillandsioides*, y *Tillandsia caput-medusae* ofrecen hábitat (entre sus raíces u hojas) y/o alimento (néctar, semillas) a hormigas de los géneros *Azteca*, *Camponotus* y *Crematogaster*, las cuales defienden a las bromelias de sus depredadores y, a través de sus desechos orgánicos, les proveen de nutrientes.

La dispersión de semillas y la polinización, dos procesos ecológicos cruciales en la dinámica de los ecosistemas, son ejemplo de otras interacciones importantes entre insectos y bromelias. En México, las hormigas *Azteca gnava* dispersan las semillas de la bromelia *Aechmea tillandsioides*. Por otra parte, las flores de las bromelias son de colores vistosos (rosa, rojo, anaranjado, morado, amarillo, azul), y producen néctar con una alta concentración de azúcar, por lo que son atractivas para los polinizadores diurnos, entre los que figuran colibríes, abejas, y mariposas. Las bromelias *Hechtia matudae*, *Tillandsia ionantha* y *T. capitata* son polinizadas por estos grupos de insectos. No obstante, algunas bromelias abren sus flores durante la noche, por lo que son polinizadas por animales de hábitos nocturnos como los murciélagos. Estas bromelias suelen tener flores de color blanco, crema o verde, con forma de tubo, campana, o cepillo y producen abundante néctar. Algunos ejemplos de bromelias polinizadas por murciélagos son *Werauhia noctiflorens*, *W. gladioliflora*, *Pitcairnia albiflora* y *Tillandsia viridiflora*.

Las bromelias tipo tanque tienen un papel central como reservorio de agua (pueden almacenar hasta 5 litros), por lo que llegan a establecer interacciones especializadas con algunos animales. Por ejemplo, las ranas *Bromeliohyla bromeliacia* y *Scinax alcatraz* dejan sus huevecillos en los tanques de las bromelias y ahí mismo se desarrollan sus larvas. De manera similar, la salamandra *Bolitoglossa engelhardti* y los escarabajos buceadores del género *Copelatus* utilizan el tanque de las bromelias como su hábitat (Ruano-Fajardo *et al.* 2014; Hájek *et al.* 2023). Otra interacción importante que establecen las bromelias tipo tanque es con bacterias y helmintos. Estos organismos participan en la descomposición de la materia orgánica que se encuentra en el tanque, proceso a partir del cual quedan disponibles nutrientes como nitrógeno y fósforo, que son aprovechados tanto por los microorganismos que viven en el fitotelma como por las bromelias.

Adicionalmente, la alta cantidad de bromelias en los sitios donde se encuentran puede contribuir de distintas formas a los ecosistemas. Un ejemplo de ello es que las bromelias epífitas pueden amortiguar las condiciones microclimáticas de la copa de los árboles en el que se encuentran creciendo. Esto se ha reportado en sitios desérticos de Sudamérica (Chile y Perú), donde la presencia de un gran número de plantas del género *Tillandsia* genera un ambiente más fresco que cuando están ausentes estas plantas. Por otra parte, la alta cantidad de bromelias que puede haber en los bosques (por ejemplo, 0.9 ton/0.1ha de cinco especies de bromelias en un bosque nublado en Colombia y 0.4 ton/ha de *Tillandsia recurvata* en un matorral desértico de México) resalta la importancia que tienen como

productores primarios dentro del bosque. En este sentido, la alta cantidad de materia orgánica que representan las bromelias en los bosques las convierte en un elemento central en el flujo de nutrientes de los ecosistemas donde habitan. Se ha documentado que las bromelias epífitas pueden contener entre 21% y 43% de los nutrientes (potasio, nitrógeno y fósforo) de la biomasa foliar total del bosque. Cuando las bromelias epífitas mueren y caen al suelo del bosque, los nutrientes contenidos en sus cuerpos son reintegrados al flujo de nutrientes en los ecosistemas.

En resumen, las bromelias tienen un papel ecológico importante a diversas escalas en los ecosistemas naturales, desde interacciones con microorganismos hasta su intervención en el flujo de energía, y los ciclos biogeoquímicos que ocurren en los ecosistemas.

Las bromelias como recurso para el humano

Alrededor del 2.1% de las bromelias (78 especies) son aprovechadas en al menos 19 países de América latina (Hornung-Leoni 2011). Entre los principales fines para los que el humano emplea a las bromelias se encuentra el alimenticio, el textil, el medicinal, como bioindicadores, de uso ornamental, o en prácticas tradicionales, entre otras.

En cuanto a su importancia alimenticia, alrededor de 24 especies de bromelias son consumidas por el humano (Hornung-Leoni 2011). Entre ellas, figuran las bromelias chak salbay (*Bromelia alsodes*), maya (*B. chrysanthia*), timbiriche (*B. hemisphaerica*), y magueycito (*Hechtia montana*), cuyos frutos, ya sea frescos o procesados (como bebidas, condimentos y/o en conservas) son consumidos,

tanto en México como en otras partes del mundo. Los frutos de la piña (*Ananas comosus*), la piñuela (*Bromelia pinguin*) y el aguama (*B. karatas*) son valorados por su alto contenido de minerales (calcio, potasio, fósforo, magnesio y manganeso), vitaminas (C; ácido ascórbico) y antioxidantes (taninos y flavonoides). De éstas, la piña ocupa el tercer sitio en importancia entre las frutas tropicales cultivadas a nivel mundial, registrándose hasta 25.4 millones de toneladas de producción del fruto alrededor del planeta, lo que representa ganancias de hasta 2.5 billones de dólares estadounidenses al año (Li *et al.* 2022). México figura entre los primeros diez países productores de piña, cultivándose en 19 estados de la República. En 2019 se sembraron 22,585 ha de piña en el sureste del país (SIAP 2020).

Referente a la industria textil, las fibras de las bromelias se emplean para la producción de diversos artículos de uso diario. Al menos 19 especies de bromelias son utilizadas para la obtención de fibras, las cuales, son extraídas principalmente de los tejidos de conducción (haces vasculares) de las hojas. Principalmente, son utilizadas para hacer cordeles y/o hilos para las cañas de pescar, así como para la elaboración de hamacas, sogas, cinturones, ropa, sombreros y cestos. Entre los países que hacen mayor uso textil de las bromelias se encuentra Brasil, Bolivia, Chile, Ecuador, Venezuela y México. Algunas especies utilizadas con fines textiles son *Ananas comosus*, *Aechmea bracteata*, *A. magdalenae* y *Bromelia serra*. En México, la especie más usada con estos fines es *Bromelia pinguin*.

Respecto a su uso medicinal, en 13 países de América Latina se ha

documentado el uso de al menos 20 especies de bromelias. Los principales usos de las bromelias son como antihelmínticos, antimicrobianos y digestivos. Por ejemplo, hoy en día se comercializa la “bromelina” que contiene una enzima (proteína que acelera las reacciones químicas en los seres vivos) obtenida de la piña, que es capaz de desintegrar las proteínas en aminoácidos para facilitar su asimilación y absorción. Por esta razón en países como México, la carne al pastor se acompaña con piña para facilitar la digestión. Además de los beneficios contra los trastornos digestivos que tiene la bromelina, también se le atribuye mejorar la circulación sanguínea y prevenir lesiones musculares. Otros usos medicinales que se le atribuyen de manera general a las bromelias, son como antitumorales, antiinflamatorios, citotóxicos, e hipoglucemiantes, así como contra enfermedades del sistema respiratorio y urinario. Las partes usadas con estos fines varían entre especies de bromelias, pudiendo usarse las raíces, los tallos, las hojas, los frutos o una mezcla de varias de esas partes.

Algunas bromelias del tipo nebulofito se han utilizado como bioindicadores de contaminación en áreas urbanas e industriales. Se ha demostrado que los tricomas de las bromelias del género *Tillandsia* pueden absorber directamente de la atmósfera elementos como plomo, zinc, cobre, hierro, níquel, y cobalto. Dado que estos elementos se fijan en los tejidos de las bromelias, son utilizadas para monitorear el nivel de contaminación del aire por estos metales. Algunos ejemplos de las plantas que se han utilizado con estos fines son *Tillandsia aeranthos*, *T. capillaris*, *T. usneoides*, y *T. recurvata*.

A nivel mundial las bromelias son

valoradas por su uso ornamental. Se comercializan (tanto especies silvestres como ejemplares cultivados e incluso híbridos) plantas pequeñas no reproductivas, plantas reproductivas, o sólo las inflorescencias. En América Latina, al menos 12 especies de bromelias son usadas comúnmente como ornamentales en restaurantes, hoteles, parques, así como en casas particulares. Por ejemplo, las bromelias de los géneros *Aechmea*, *Guzmania*, *Puya*, *Tillandsia* y *Werahuia* son comúnmente usadas como ornamento por los colores verde intenso, moteado (Figura 4A) y grisáceo de sus hojas, o por sus inflorescencias de colores rojos, rosas, morados y anaranjados. En los últimos años se ha incrementado la apreciación estética y ornamental de las bromelias epífitas, sobre todo las del género *Tillandsia*. Estas bromelias han sido comercializadas como plantas aéreas o colgantes, incluso son denominadas “claveles del aire”.

Con relación al uso de las bromelias en prácticas tradicionales, se ha reportado que 33 especies se emplean en la vida diaria y/o en ceremonias, cinco especies son utilizadas en cercas vivas y dos especies como combustible. Además, algunas especies se emplean como forraje y las hojas de *Tillandsia ionochroma* se utilizan como silbatos para entretenimiento de los niños. Plantas completas (rosetas e inflorescencias) de *T. religiosa* y *T. usneoides* (heno) se usan como base y adorno en los pesebres de los nacimientos navideños. El heno es muy empleado en las festividades navideñas, por lo que es común su venta en los mercados locales de América Latina. Actualmente, ya existen algunas empresas que cultivan el heno para su comercialización; no obstante, la mayor parte de las plantas que se comercializan

se extraen directamente de los bosques, generando un declive de sus poblaciones. Otro uso tradicional se da a nivel local, donde son utilizadas como adornos temporales; por ejemplo, se extraen las rosetas de plantas completas para adornar arcos en la entrada principal de casas particulares (Figura 4B). Así mismo, las inflorescencias de algunas bromelias son utilizadas para adornar los arcos de iglesias y capillas (Figura 4C) en el Estado de Veracruz; llegando a emplearse en alrededor de 80 arcos florales al año. En un solo arco de este tipo se llegan a usar hasta 1623 inflorescencias de la epífita *Tillandsia multicaulis*. Un ejemplo similar ocurre en el Estado de Hidalgo, donde plantas completas de *Tillandsia imperiabilis* (endémica de México) y *T. deppeana* son utilizadas para adornar los altares de las iglesias durante las fiestas patronales de semana santa (Hornung-Leoni 2011).



Figura 4: Ejemplos del uso de las bromelias con fines ornamentales. En (A) por su coloración moteada, en (B) se muestran rosetas completas (indicado con la flecha negra) adornando la entrada de una casa y en (C) se muestra el uso de bromelias completas con inflorescencia (indicado con la flecha negra) adornando el arco de una capilla católica.

Por su parte, en países como Perú y Ecuador, las bromelias se utilizan comúnmente en sustitución del carbón, ya sea para calentar los hogares y/o los alimentos o como antorchas. Por ejemplo, las hojas, los tallos principales y los que sostienen la inflorescencia de plantas de las especies *Puya werberbaerii* y *P. raimondii* se utilizan con estos fines. Un ejemplo similar ocurre en el altiplano peruano, donde el tallo de la inflorescencia de la especie *Puya raimondii* se utiliza como antorcha para alumbrar caminos en las procesiones

nocturnas de las fiestas de las cruces en el mes de mayo. Por otra parte, en diferentes países de América Latina, algunas especies de bromelias también se utilizan como cercos vivos. Por ejemplo, plantas completas del género *Bromelia* se usan para hacer cercas de corrales y delimitar patios. En México, los tallos de las inflorescencias de *Hechtia gallineros* se ocupan para delimitar gallineros. Por otro lado, las hojas jóvenes o las plantas completas de 21 especies de bromelias son utilizadas como alimento para vacas, borregos, puercos, y cuyos. Por último, los niños quechuas de Perú usan las hojas enrolladas de *Tillandsia ionochroma* (conocida como “huicunto”) para crear silbatos.

Entre los nombres comunes que se les da a las bromelias se encuentran “gallitos”, “magueyitos”, “piñuelas”, “tenchos” y “tekolumates”. El uso antrópico de las bromelias no se limita a América Latina, para algunas especies su importancia se extiende a nivel mundial. No obstante, el uso intensivo de distintas especies de bromelias puede tener un impacto negativo en sus poblaciones naturales.

Conclusión

Las diferentes características anatómicas (cutículas gruesas, tejidos suculentos, hipodermis, tricomas, estomas hundidos), morfológicas (rosetas tipo tanque, nebulofitas, pseudobulbosas, hojas marcescentes), y fisiológicas (metabolismo CAM) que presentan las bromelias son un reflejo de la alta diversidad que tienen esta familia. Las diversas adaptaciones presentes en las bromelias han favorecido la conquista de nuevos hábitats (desde bosques secos hasta húmedos y fríos) y la ampliación de su distribución. Gracias a las adaptaciones que presentan es posible encontrarlas sobre distintos sustratos

(suelos, otras plantas, rocas o cables de luz) y en sitios con diversas condiciones ambientales, incluyendo aquellas con escasez de nutrientes, con alta exposición a la radiación solar, y altas o bajas temperaturas. Las bromelias son un elemento importante en los ecosistemas en donde se encuentran, ya que establecen interacciones con animales, plantas, hongos, y bacterias. Pese a esta importancia, existen diversos factores que las ponen en riesgo. Entre los principales factores que afectan a las bromelias se encuentra la fragmentación de los ecosistemas, la invasión de especies, el cambio climático, y la extracción desmedida de plantas completas y/o inflorescencias. En conjunto, estos factores ocasionan la disminución de las poblaciones de muchas especies, llegando a poner en riesgo de extinción no solo a las bromelias, sino también a los organismos con los que interactúan. Actualmente, poco más de 200 especies de bromelias se encuentran en alguna categoría de riesgo (IUCN 2024). Por ello, es necesario conocer a las bromelias y entender los factores que las amenazan para evitar la pérdida de estas interesantes plantas. Asimismo, es necesario comprender y difundir la importancia de las bromelias en los ecosistemas y en nuestra vida diaria, así como generar programas de manejo y regular su explotación en los ecosistemas naturales, para así garantizar su conservación.

Referencias

- [1] Barfuss, M. H., Samuel, R., Till, W., y Stuessy, T. F., Phylogenetic relationships in subfamily Tillandsioideae (Bromeliaceae) based on DNA sequence data from seven plastid regions. American

- Journal of Botany, 92[2], pp. 337-351, 2005.
- [2] Espejo-Serna, A., y López-Ferrari, A. R., La familia Bromeliaceae en México. Botanical Sciences, 96[3], pp. 533-554, 2018.
- [3] Freire, R. M., Montero, G. A., Vesprini, J. L., y Barberis, I. M., Review of the interactions of an ecological keystone species, *Aechmea distichantha* Lem. (Bromeliaceae), with the associated fauna. Journal of Natural History, 55[5–6], pp. 283–303, 2021.
- [4] Hájek, J., Alarie, Y., Benetti, C. J., Hamada, N., Springer, M., Hendrich, L., Villastrigo, A., Ospina-Torres, R., Basantes, M. S., y Balke, M., Underestimated diversity and range size of diving beetles in tank bromeliads—Coleoptera of ‘hygrofloric’ lifestyle (Dytiscidae). Zoological Journal of the Linnean Society, 200[3], pp. 720-735, 2023.
- [5] Hornung-Leoni, C. T., Avances sobre usos etnobotánicos de las Bromeliaceae en Latinoamérica. Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas Medicinales y Aromáticas, 10[4], pp. 297-314, 2011.
- [6] IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2024-21. <https://www.iucnredlist.org>. Último acceso el 10/09/2024.
- [7] Li, D., Jing, M., Dai, X., Chen, Z., Ma, C., y Chen, J., Current status of pineapple breeding, industrial development, and genetics in China. Euphytica, 218[6], pp. 85, 2022.
- [8] Ruano-Fajardo, G., Rovito, S. M., y Ladle, R. J., Bromeliad selection by two salamander species in a harsh environment. PloS one, 9[6], e98474, 2014.
- [9] SIAP. 2020. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. SIAP-SAGARPA. https://www.infosiap_siap.gob.mx. Último acceso el 16/07/2024.
- [10] Zizka, A., Azevedo, J., Leme, E., Neves, B., da Costa, A. F., Caceres, D., y Zizka, G., Biogeography and conservation status of the pineapple family (Bromeliaceae). Diversity and Distributions, 26[2], pp. 183-195, 2020.