

LAS MICROALGAS DE *Tillandsia multicaulis* STEUD. (BROMELIACEAE) DE LA RESERVA ECOLÓGICA “LA MARTINICA”, VERACRUZ

Brisceida Hernández-Rodríguez¹, Lizbeth Estrada-Vargas¹,
y Eberto Novelo^{2*}

¹ Laboratorio de Ficología, Facultad de Biología Región Xalapa, Universidad Veracruzana, Circuito Presidentes, Zona Universitaria, Xalapa de Enriquez, C.P. 91090, Veracruz-Llave, México. ² Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Deleg. Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F.
E-mail: *enm@ciencias.unam.mx

RESUMEN

Las bromelias tienen la capacidad de retener agua en las axilas de las hojas lo que es conocido como tanques o fitotelmata; mantienen cadenas tróficas complejas con todo tipo de organismos, desde bacterias hasta vertebrados pequeños. En este trabajo, presentamos la primera aproximación a las microalgas que viven en las cisternas de una especie de bromelia en la Reserva Ecológica “La Martinica” en Banderilla, Veracruz. Las recolecciones se estudiaron en material preservado y en cultivos. Se obtuvieron cerca de 60 algas pertenecientes a las Cyanoprokariota, Euglenophyta, Cryptophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta, sin embargo, solo se lograron identificar 16 especies. Se concluye que los tanques de *Tillandsia multicaulis* brindan las condiciones adecuadas para el desarrollo de microalgas y que la ubicación y la morfología de la bromelia influyen en la distribución de este grupo biológico. La escasez de individuos en las muestras analizadas no permitió una identificación precisa de todas las especies. En los cultivos aparecieron especies no observadas en el material preservado, lo que indica una flora mucho más rica de la que puede observarse directamente.

Palabras Clave: fitotelmata, La Martinica, microalgas, tanques de bromelias, Veracruz.

ABSTRACT

Bromeliads have the ability to retain water in the leaf axils that are known as tanks or phytotelmata; they support complex food webs with all types of organisms from bacteria to small vertebrates. In this paper, we present the first approach to the microalgae living in the tanks of a species of bromeliad at “La Martinica” Ecological Reserve, in Banderilla, Veracruz. The collections were studied in preserved material and cultures. About 60 algae were obtained, belonging to Cyanoprokariota, Euglenophyta, Cryptophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta, but only 16 species have been identified. We conclude *Tillandsia multicaulis* tanks provide suitable conditions for the development of microalgae and the location and morphology of the bromeliad influence the distribution of this biological group. The shortage of individuals did not allow a more precise identification. In the cultures, we could detect species not seen in the preserved material, indicating a much richer flora than the one we could observe directly.

Key Words: phytotelmata, La Martinica, microalgae, bromeliad tanks, Veracruz.

INTRODUCCIÓN

La familia Bromeliaceae comprende cerca de 2,500 especies de plantas casi exclusivas de la región Neotropical¹. Algunas especies de bromelias tienen hojas dispuestas en espiral que forman una especie de roseta o tanque que retiene el agua y materia orgánica en descomposición¹⁻³. El agua almacenada contiene cantidades variables de nutrientes, producto de la descomposición del detritus atrapado de fuentes externas, como hojas, flores y materia fecal de animales⁴. A este hábitat acuático se le ha denominado *fitotelma* (*fitotelmata* en plural), es decir, reservorio de agua contenido en una planta⁵.

Las bromelias con roseta juegan un papel importante en los procesos de los ecosistemas de los bosques tropicales, contribuyen sustancialmente a su biodiversidad proporcionando hábitats y otros recursos para los organismos que habitan en el dosel del bosque^{6,7}. Éstas mantienen reservas de agua durante todo el año, por lo que pueden sostener cadenas tróficas complejas^{1,2}, en las que participan varios tipos de organismos como bacterias, musgos, otras plantas vasculares, protozoos, hongos, invertebrados y algunos vertebrados; también se ha reportado la presencia de microalgas aunque en comparación a otros grupos taxonómicos, las microalgas han sido poco estudiadas^{7,8}.

Brouard y colaboradores⁶ mencionan que dependiendo de las especies de bromelia, las algas representan entre el 0.1 por ciento al 32.7 por ciento del contenido de carbono de las comunidades microbianas localizadas, que son importantes para el funcionamiento de la comunidad acuática. Se han realizado otros estudios acerca de las bromelias y el ecosistema que se establece en ellas pero se han centrado principalmente en metazoarios e insectos^{7,8}, además, la mayoría de los conocimientos actuales sobre las comunidades microbianas de los *fitotelmata* provienen de investigaciones realizadas en América del Norte².

Existe una falta de documentación sobre microalgas presentes en los tanques de bromelias debido a lo complejo de su estudio, pues las poblaciones son pequeñas y existen estadios de su desarrollo o variantes morfológicas que no han sido documentadas o no se encuentran los caracteres reproductivos necesarios para su identificación. A consecuencia de ello, al no reconocer la diversidad de microalgas existente en estos microambientes, no se puede evaluar el papel ecológico que tienen en estas condiciones.

El objetivo de este estudio fue caracterizar las microalgas presentes en los tanques de agua de ejemplares de *Tillandsia multicaulis* Steud. que crecen como epífitas en la Reserva Ecológica "La Martinica" del Municipio de Banderilla, Veracruz.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Ecológica "La Martinica" ubicada en el municipio Banderilla en el estado de Veracruz (19° 35' 00" – 19° 35' 24" N, 96° 57' 35" – 96° 56' 54" O). En términos biogeográficos, el territorio de Banderilla se encuentra en la confluencia de las regiones Neártica y Neotropical. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano (AW₂)⁹. La temperatura media anual es de 18 °C y la precipitación pluvial media anual es de 1,500 mm¹⁰.

En la parte central del estado de Veracruz coinciden la provincia florística de la Sierra Madre Oriental, perteneciente a la región mesoamericana de montaña y la provincia florística de la Costa del Golfo de México, que pertenece a la región Caribeña, ambas son excepcionalmente diversas, la primera es rica en especies herbáceas en particular y es un importante centro de diversificación de plantas, por lo que el componente endémico es considerable; la segunda posee numerosos taxones cuya distribución en México se restringe a esta zona o a alguna de sus provincias¹⁰.

MATERIAL Y MÉTODOS

Colecta de muestras

El muestreo se realizó de forma puntual durante el mes de noviembre que abarcó la temporada de lluvias del año 2013 en la cercanía del manantial "La Encantada". El lugar se caracteriza por ser una de las zonas más húmedas de la reserva, el estrato arbóreo está dominado por *Liquidambar styraciflua* L. que es un buen hospedero para *Tillandsia multicaulis* entre otras especies de la familia Bromeliaceae.

Se realizó la colecta de agua contenida en los tanques de seis ejemplares de *Tillandsia multicaulis* tanto de la parte central como de la parte axilar de la planta. Tres ubicadas bajo sombra y tres expuestas al sol. La extracción del agua se realizó con ayuda de jeringas de 25 mL adaptadas con mangueras de hule para obtener el mayor volumen de agua y evitar con ello el daño sobre la planta, los volúmenes obtenidos para cada muestra fueron muy diferentes.

Tratamiento de muestras

Las muestras fueron depositadas en frascos estériles y trasladadas al laboratorio, cada muestra fue dividida en dos, una parte fue fijada con formol al 2% y otra se utilizó para cultivo.

Las muestras fijadas se montaron en preparaciones permanentes con gelatina glicerizada¹¹. La segunda porción de las muestras se sembró en dos medios de cultivo líquido (Bold Basal y BG-11) que se incubaron con un fotoperiodo de 12:12 h., una intensidad lumínica de 43.7 $\mu\text{moles fotones m}^{-1} \text{s}^{-1}$, y una temperatura constante de 20 °C, con un tiempo de incubación de 30 días. Las muestras y las preparaciones están

depositadas en el Laboratorio de Ficología de la Facultad de Biología Región Xalapa de la Universidad Veracruzana.

Identificación de microalgas

La observación de las preparaciones permanentes y cultivos se hizo con un microscopio fotónico con contraste interdiferencial (Nikon Optiphot) y se fotografiaron con una cámara digital (Nikon Coolpix). La identificación se hizo con bibliografía especializada para cada grupo¹²⁻¹⁶. Se describen las especies considerando los aspectos morfológicos importantes y se hacen anotaciones sobre su distribución. La confirmación sistemática, las anotaciones de distribución y condiciones ambientales registradas se obtuvieron de la bibliografía de identificación, de AlgaeBase¹⁷ y de Taxfich¹⁸.

RESULTADOS

Colecta de muestras

Tres ejemplares de *Tillandsia multicaulis* se encontraron en el área pantanosa, lugar conocido como "La Encantada", una de las zonas más húmedas de la reserva y con sombra. El estrato arbóreo estaba compuesto por tres especies representativas: *Liquidambar macrophylla* Oerst., *Carpinus caroliniana* Walter y *Crataegus pubescens* (Kunth) Steud; las bromelias se ubicaban a una altura máxima de 3 m del nivel del suelo. Los otros tres ejemplares de bromelias se encontraron cerca del cauce del arroyo en un área con estrato arbóreo menos

denso, por lo que la zona contaba con mayor luminosidad. Las bromelias se encontraron fijas en especies de *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch. y *Erythrina americana* Miller.

Identificación de microalgas

Se observaron más de 60 formas algales (o similares), muchas de ellas como restos o sin una diferenciación suficiente para identificarlas. Fueron abundantes las formas esféricas con cloroplastos laminares parietales y con un pirenoide, pero la ausencia de un talo diferenciado o de los estadios reproductivos no permitieron su identificación. También abundaron protonemas iniciales de musgos o fases iniciales de hepáticas que en esos estadios es fácil confundir con clorofitas filamentosas o sarcinoides.

Los taxones identificados fueron 16 en las fitotelmata de *Tillandsia multicaulis*, 12 provenientes de las preparaciones permanentes y 4 de los cultivos. Pertenecen a las Divisiones Cyanoprokariota (tres especies), Euglenophyta (una especie), Cryptophyta (una especie), Bacillariophyta (dos especies) y Chlorophyta (nueve especies) (Tabla I).

Cyanoprokariota

Chroococcus obliteratus Richter (Figura 1). Colonias de células semiesféricas, en grupos de dos células, mucilago común a grupos pequeños de 2 ó 4 células, incoloro. Células

Origen	Especies	Muestras	Ubicación		Posición	
			Sol	Sombra	Central	Axilar
Preparaciones permanentes	<i>Chroococcus obliteratus</i>	P1AX2, P5CE2	x	x	x	x
	<i>Cryptomonas cf. erosa</i>	P5CE1, P5CE2	x		x	
	<i>Euastrum bipartitum</i>	P6CE2	x		x	
	<i>Euglena variabilis</i>	P1AX2, P5CE1	x	x	x	x
	<i>Gloeocapsa sanguinea</i>	P5AX3	x			x
	<i>Microspora stagnorum</i>	P5CE1	x		x	
	<i>Pinnularia borealis</i>	P6CE3	x		x	
	<i>Planktothrix agardhii</i>	P3AX1		x		x
	<i>Pseudoschroederia antillarum</i>	P5CE1, P6CE2	x		x	
	<i>Raphidonema cf. brevirostre</i>	P1AX1, P1AX3		x		x
	<i>Schroederia planctonica</i>	P5CE3	x		x	
Cultivos	<i>Trentepohlia aurea</i>	P1AX3		x		x
	<i>Achnanthydium minutissimum</i>	P2CE-BG11		x	x	
	<i>Coleochlamys cf. oleifera</i>	P6CE-BBM	x		x	
	<i>Desmodesmus abundans</i>	P1CE -BBM		x	x	
	<i>Monoraphidium contortum</i>	P3CE-BG11		x	x	

Tabla I. Microalgas presentes en fitotelmata de *Tillandsia multicaulis* según su ubicación, posición y origen.

verde olivo, con contenido homogéneo a ligeramente granuloso. Células de 5.2-7.0 µm de diámetro, vaina de 1.0-2.0 µm de grosor. Especie acuática, metafítica con distribución mundial cosmopolita, en México se ha registrado en el Distrito Federal, Quintana Roo y Veracruz. Muestras P1AX2 (axilar) y P5CE2 (central).

Gloeocapsa sanguinea (C. Agardh) Kützing (Figura 2). Colonia compuesta por grupos de células esféricas y semiesféricas de distintas generaciones reunidas por varias capas de mucilago rojizo a café; cuando recién divididas, verde azulosas y contenido granuloso. Células de 2.0-4.0 µm de diámetro. Es una especie subaérea típica, presente en rocas húmedas y en líquenes, con una distribución mundial, en México registrada previamente en Chiapas. Muestra P5AX3 (axilar).

Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis & Komárek (Figura 3). Filamento con una vaina mucilaginosa muy delgada, células cilíndricas, más cortas que anchas, con aerotopos evidentes, célula apical no alargada, con caliptra. Células de 1.6-2.0 µm de largo y de 6.6-7.0 µm de ancho. Una especie típicamente planctónica, de aguas eutróficas con una distribución mundial; ampliamente registrada en México. Muestra P3AX1 (axilar).

Euglenophyta

Euglena variabilis Klebs (Figuras 4, 5). Células fusiformes a cilíndricas, alargadas, con el ápice redondeado, polo posterior agudo con o sin cauda aguda. El material fijado no conservó el flagelo. Película con estriaciones ligeras. Cloroplastos discoides, numerosos; un gránulo de paramylon grande anterior y numerosos pequeños, de forma cilíndrica dispersos en el citoplasma. Células de 26.4-34.9 µm de largo y de 11.2-13.2 µm de ancho. Una especie de estanques, con distribución mundial cosmopolita. Es el primer registro en México. Muestras P1AX2 (axilar) y P5CE1 (central).

Cryptophyta

Cryptomonas cf. *erosa* Ehrenberg (Figuras 6, 7). Células ovales a elipsoidales con el margen dorsal convexo, ápice amplio y polo posterior redondeado a agudo, no curvo; con la citofaringe que llega a la mitad de la célula, dos flagelos poco visibles en el material fijado. Dos cloroplastos verde amarillentos, laterales, laminares; en la región central de la célula, sobre la citofaringe una hilera doble de tricocistos. *E. erosa* se caracteriza por la presencia de una vacuola contráctil en posición dorsal, característica no visible en el material fijado. Células de 17.8-18.4 µm de largo y de 6.6-9.24 µm de ancho. Es una especie de distribución mundial, cosmopolita en ambientes acuáticos diversos. En México se ha registrado en Quintana Roo y Yucatán. Muestras P5CE1 y P5CE2 (centrales).

Bacillariophyta

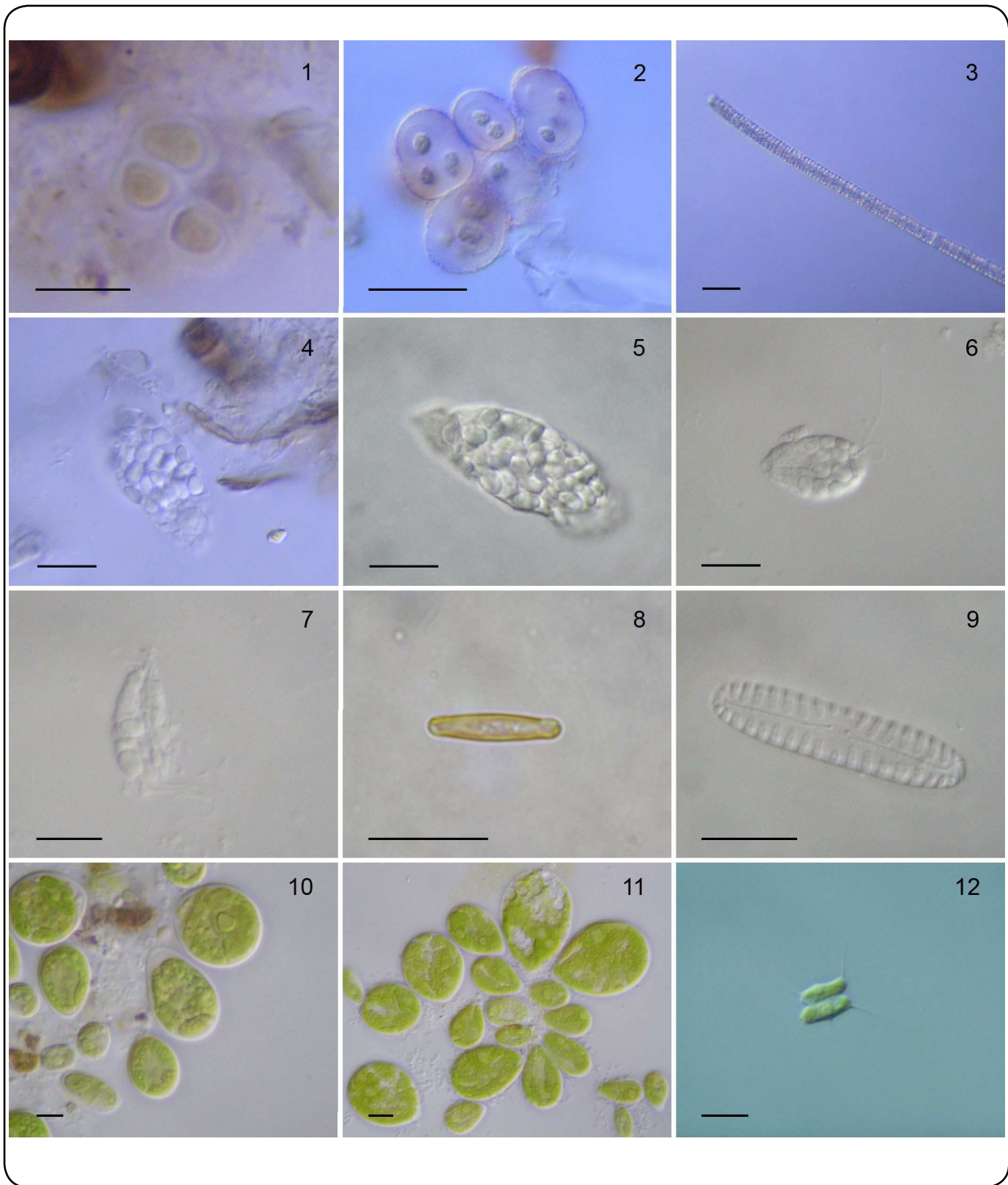
Achnantheidium minutissimum (Kützing) Czarnecki (Figura 8). Valvas lineares a elípticas con ápices rostrados a subrostrados, márgenes ligeramente convexos. Valva con rafe filiforme recto, área axial recta, estrecha; área central redondeada, breve; estrías centrales radiales y apicales paralelas; valva sin rafe con área axial recta y estrecha, sin área central. Valvas de 12.0-12.5 µm de largo y 3.5-3.8 de ancho, 28 estrías en 10 µm en la valva con rafe y 23 estrías en 10 µm en la valva sin rafe. Es una especie planctónica y metafítica, de distribución mundial amplia. En México se ha registrado frecuentemente en varios estados de la República. Muestra P2CE-BG11 cultivo (central).

Pinnularia borealis Ehrenberg (Figura 9). Valvas lineares con los ápices no alargados y los polos redondeados, márgenes paralelos. Estrías gruesas distantes y ligeramente radiadas, las estrías centrales más cortas que el resto. Área axial angosta, área central amplia, formada por tres estrías centrales regularmente acortadas. Rafe sinuoso con fisuras proximales en forma de poro y terminales en forma de gancho. Valvas de 29.0 µm de largo y de 7.0 µm de ancho, 7 estrías en 10 µm. Una especie considerada típicamente subaérea pero presente en una gran diversidad de condiciones ambientales, con distribución mundial cosmopolita. En México se ha registrado frecuentemente en varios estados de la República. Muestra P6CE3 (central).

Chlorophyta

Coleochlamys cf. *oleifera* (Schussnig) Fott (Figuras 10, 11). Células ovoides, claviformes, ligeramente curvas, con un polo redondeado romo y el otro más agudo. Cloroplasto parietal, perforado y con márgenes ondulados, un pirenoide poligonal. Aplanosporas piriformes a redondas. Células hasta 30 µm de largo y hasta 20 µm de ancho; autosporas de 10 µm de diámetro. Las zoosporas no fueron observadas y son necesarias para confirmar completamente la identificación, todas las demás características concuerdan con las descripciones de esta especie. Este organismo se ha registrado solamente de suelos de las Islas Orkney en la Antártica y de cultivos de suelos del Jardín Botánico de Jena en Alemania^{14,16}. Es el primer registro en México. Muestra P6CE-BBM cultivo (central).

Desmodesmus abundans (Kircher) Hegewald (Figura 12). Cenobio formado por cuatro células, en cultivo generalmente solo dos, en un plano. Células cilíndricas con ápices redondeados en todas las células; las células externas con espinas largas, rectas en los polos y cortas en la parte central del margen externo; cloroplasto parietal con una fisura media y un pirenoide; pared celular lisa. Células de 10.2-11.5 µm de largo y de 4.5-5.1 µm de ancho. Una especie planctónica o metafítica, con distribución mundial cosmopolita. En México se ha registrado en el Distrito Federal, México, Oaxaca, Puebla y Tabasco. Muestra P1CE-BBM cultivo (central).



Figuras 1-12. Especies presentes en los fitotelmata de *Tillandsia multicaulis*. 1. *Chroococcus obliterated*. 2. *Gloeocapsa sanguinea*. 3. *Planktothrix agardhii*. 4,5. *Euglena variabilis*. 6,7. *Cryptomonas cf. erosa*. 8. *Achnantheidium minutissimum*. 9. *Pinnularia borealis*. 10, 11. *Coleochlamys cf. oleifera*. 12. *Desmodesmus abundans*. Escala = 10 μ m.

Euastrum bipartitum Krieger (Figuras 13, 14). Célula con perfil subrectangular, semicélulas con cuatro lobos, los basales redondeados, truncados en los ápices, con pequeños gránulos; el margen retuso que forma un lobo polar con dos lóbulos, los ángulos redondeados; el margen apical es cóncavo a ligeramente recto; un engrosamiento medio con gránulos en círculo; pared celular con gránulos pequeños en toda la superficie. Célula de 17.8 μm de largo y de 11.8 μm de ancho. Medidas menores de las registradas en la literatura. Una especie planctónica, de zonas tropicales. Es el primer registro en México. Muestra P6CE2 (central).

Microspora stagnorum (Kützing) Lagerheim (Figura 15). Filamento con una pared delgada, con las uniones en forma de H no visibles claramente, células cilíndricas, no constreñidas en los septos; cloroplasto reticulado, irregular, sin ocupar todo el volumen celular. Células de 14.5-17.8 μm de largo y de 5.2 μm de ancho. Es una especie metafítica, con distribución mundial cosmopolita. En México se ha registrado en el Distrito Federal, Jalisco y Puebla. Muestra P5CE1 (central).

Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová (Figura 16). Células muy delgadas, fusiformes, irregularmente curvas con ápices simétricos puntiagudos, cloroplasto parietal sin pirenoide visible. Células de 10.0-18.0 μm de largo y de 1.5-2.0 μm de ancho. Una especie planctónica, de distribución mundial. Registrada frecuentemente en nuestro país. Muestra P3CE-BG11 cultivo (central).

Pseudoschroederia antillarum (Komárek) Hegewald & Schnepf (Figuras 17, 18). Células fusiformes curvas, con ápices no simétricos y con espinas largas, rectas o curvas en la dirección de la célula y hialinas, la espina basal aguda, la espina apical ligeramente chata. Cloroplasto parietal perforado, con un pirenoide. Células de 16.5-24.8 μm de largo y de 2.0-4.0 μm de ancho, espinas hasta 10.0 μm de largo. Una especie planctónica, conocida de Argentina, Cuba, Alemania y España. Es el primer registro en México. Muestras P5CE1, P6CE2 (centrales).

Raphidonema cf. *brevirostre* Scherffel (Figuras 19, 20). Filamentos curvos, cortos de 2 a 7 células, células apicales agudas, células centrales cilíndricas con polos rectos. Pared celular delgada, cloroplasto laminar, parietal con uno o dos pirenoides. Filamentos de 35.5-90.0 μm de largo, células de 5.0-22.5 μm de largo y de 3.3-5.2 μm de diámetro. Esta especie ha sido descrita con filamentos rectos, la distribución y condiciones ambientales donde se ha registrado son muy diferentes a los fitotelmata de Veracruz, todas las otras características encontradas concuerdan con las genéricas y específicas, por ello nuestra identificación aparece como cf. Esta especie se ha registrado en nieve y en arroyos de Sudáfrica y en Hungría. Es el primer registro en México. Muestras P1AX1 y P1AX3 (axiales).

Schroederia planctonica (Skuja) Philipose (Figuras 21, 22). Células fusiformes rectas, con ápices alargados en forma de espinas cortas, hialinas. Cloroplasto perforado, parietal con un pirenoide. Células de 19.8 μm de largo y de 6.2 μm de ancho, ápices alargados de 5.0 μm de largo. Es una especie planctónica de aguas tropicales, conocida de Birmania, India y Singapur, con registros en las Islas Británicas. Es el primer registro en México. Muestra P5CE3 (central).

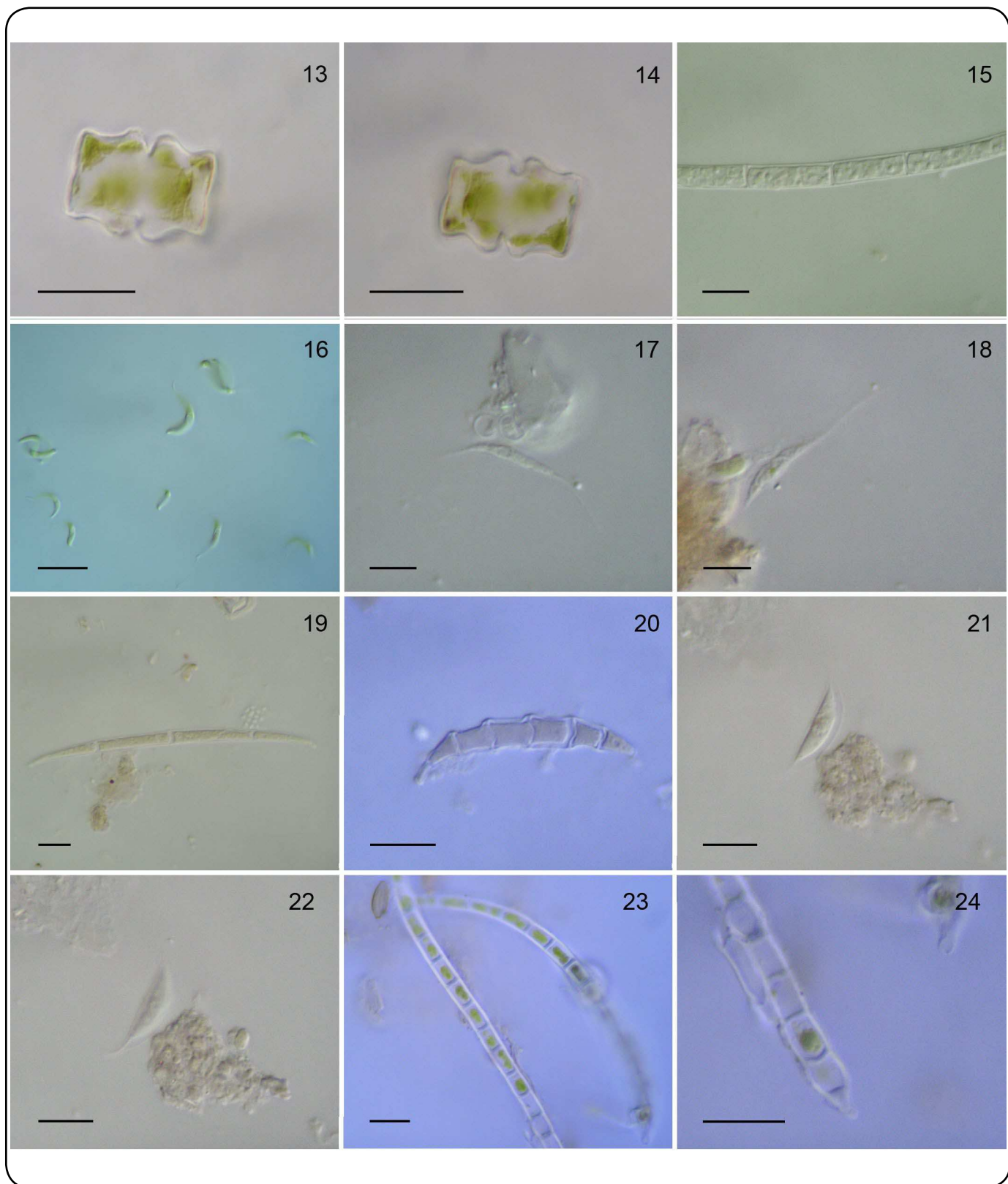
Trentepohlia aurea (L.) C.F.P. Martius (Figuras 23, 24). Filamentos largos, ramificados, células cilíndricas con pared celular gruesa, un cloroplasto masivo con un pirenoide poco visible, no se observó el sistema basal. En las células apicales se distingue una cubierta de pectina. Células de 6.6-9.4 μm de largo y de 4.6 μm de ancho, medidas menores de las registradas para la especie en otros sitios. Una especie típica de ambientes subaéreos, de distribución mundial amplia. En México se ha registrado en Chiapas. Muestra P1AX3 (axial).

Distribución de las microalgas en los tanques de *Tillandsia multicaulis*

La presencia de microalgas en los tanques estuvo influida por la ubicación de las bromelias, así como la disposición de sus hojas. Se observó que las plantas que se encontraban en la región con menor estrato arbóreo y por lo tanto con mayor exposición al sol, presentaron una mayor diversidad de microalgas (Tabla I), mientras que la disposición de las hojas de la bromelia permitió que las microalgas se ubicaran mayormente en la parte central de éstas (Tabla I).

DISCUSIÓN

Los fitotelmata de *Tillandsia multicaulis* de la Reserva Ecológica "La Martinica" presentaron una cantidad considerable de algas que son difíciles de identificar solo con caracteres morfológicos. La variación morfológica de las especies es mucho más acentuada en condiciones extremas y aunque los tanques de las bromelias pueden considerarse microambientes acuáticos, las condiciones generales no son las mismas que un charco pequeño, pues en esos reservorios pequeños la cantidad de agua, la ubicación y el grado de acumulación de material externo influyen en la dinámica general de las condiciones ambientales que permiten el desarrollo algal, en especial en el flujo y disponibilidad de nutrientes¹⁹. Lo que para los animales pequeños puede considerarse un refugio o incluso un hábitat estable, para las algas parece ser una condición extrema pues las poblaciones son escasas o representadas por unos cuantos individuos solamente. Y aquellas especies que son reconocidas como habitantes frecuentes de condiciones muy variables (como los ambientes subaéreos), no están bien representados en los fitotelmata estudiados. De las 60 morfologías parecidas a algas o claramente algales presentes en las bromelias de "La Martinica", solo hemos podido reconocer 16 con un buen grado de certeza y los cultivos, excepto en cuatro casos, no



Figuras 13-24. Especies presentes en los fitotelmata de *Tillandsia multicaulis*. 13, 14. *Euastrum bipartitum*. 15. *Microspora stagnorum*. 16. *Monoraphidium contortum*. 17, 18. *Pseudoschroederia antillarum*. 19, 20. *Raphidonema cf. brevistroste*. 21, 22. *Schroederia planctonica*. 23, 24. *Trentepohlia aurea*. Escala = 10 μ m.

fueron los suficientemente exitosos para obtener poblaciones que nos permitieran identificar mejor el material silvestre.

La distribución de las algas en los tanques de *Tillandsia multicaulis* parece influida por la ubicación de la planta en la localidad (50% de las especies en la zona de sol, 38% en sombra y 12% en ambos) y por la posición del tanque (63% de especies en tanques centrales, 25% solo en axilares y 12% en ambos tanques). Esto concuerda, en lo general, con lo descrito en otros estudios, Marino *et al.* (2011)⁵ observaron que la luz influye en la biomasa algal dentro de los tanques de las bromelias y Brouard *et al.* (2011)⁶ mencionan que la intensidad lumínica estimula el crecimiento algal teniendo una correlación entre la abundancia y la intensidad lumínica.

La mayoría de las especies identificadas en este estudio no han sido registradas en los tanques de las bromelias, hasta ahora; sin embargo, en estudios anteriores se menciona la presencia de microalgas como parte de los tanques de bromelias, aunque en la mayoría solo a nivel genérico y sin una documentación completa. Laessle²⁰ determinó la presencia de *Trachelomonas* sp., *Mougeotia* sp., *Schroederia* sp., *Tribonema* sp., *Micratinium* sp., *Microspora* sp., *Pinnularia* sp., *Euglena* sp. y *Spirogyra* sp. en cuatro géneros de bromelias: *Hohenbergia*, *Vriesia*, *Guzmania* y *Tillandsia*; Brouard *et al.*⁶ registran la presencia de *Bumilleriopsis* sp., *Euglena* sp., *Ankistrodesmus* sp. y otros taxones en forma de células esféricas no identificados en 5 especies de bromelias; posteriormente, Brouard *et al.* registran *Phacus* sp. en *Aechmea melinonii*⁸.

Finalmente de los 16 taxones identificados en este estudio solo los géneros *Euglena*, *Schroederia* y *Pinnularia* han sido registrados previamente en bromelias^{6,14}, 13 son nuevos registros como habitantes de esas plantas y 6 son nuevos registros para México. Desgraciadamente, la información sobre la distribución y hábitats de las especies no siempre es completa y no nos permite abundar sobre la capacidad de las mismas como posibles habitantes de estos pequeños ecosistemas. La presencia de especies planctónicas junto con metafíticas o subaéreas siempre crea un conflicto sobre la interpretación del tipo de ambiente con el que estamos lidiando; además, las poblaciones son tan pequeñas que no nos permiten realizar análisis más detallados para entender los límites ambientales en los que se están desarrollando esas algas. En los cultivos aparecieron especies no presentes en las preparaciones del material preservado lo que obliga a repensar las aproximaciones metodológicas necesarias para el estudio de este sistema ecológico.

Lo relevante de este estudio es que se obtuvieron 6 especies que no han sido registradas previamente en México lo que representa cerca de la tercera parte de las especies identificadas. Algunas de las especies se han encontrado en lugares o ambientes distintos de los aquí estudiados lo

que significa una amplitud en la distribución geográfica y ecológica mucho mayor para cada una de esas especies y sobre todo una resistencia a condiciones adversas que no han sido registradas en esas algas.

AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Guadalupe Vidal Gaona por su apoyo en la preparación y mantenimiento de los cultivos en el laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Al Programa Anual de Cooperación Académica Cultural UNAM-UV-2014 de la Universidad Veracruzana por el apoyo para la realización de las estancias de Brisceida Hernández-Rodríguez y Lizbeth Estrada-Vargas en la Facultad de Ciencias, UNAM. A la administración Municipal de la Localidad de Banderilla, Veracruz, por conceder el permiso para trabajar dentro de la Reserva Ecológica “La Martinica”.

REFERENCIAS

1. Cogliatti-Carvalho, L., Rocha-Pessôa, T.C., Nunes-Freitas, A.F. & Rocha, C.F. Volumen de água armazenado no Tanque de bromelias, em restingas da brasileira costa. *Acta Botanica Brasílica* **24**, 84-95 (2010).
2. Benzing, D.H. & Renfrow, A. The mineral nutrition of Bromeliaceae. *Botanical Gazette* **135**, 281-288 (1974).
3. Bermúdez-Monge, J. & Barrios, H. Insectos asociados a *Vriesia sanguinolenta* Cogn. & Marchal (Bromeliaceae). *Scientia* **21**, 7-32 (2011).
4. Wittman, P.K. The animal community associated with canopy bromeliads of the lowland Peruvian Amazon rain forest. *Selbyana* **21**, 48-51 (2000).
5. Marino, N.A.C., Guariento, R.D., Dib, V., Azevedo, F.D. & Farjalla, V.F. Habitat size determine algae biomass in tank-bromeliads. *Hidrobiologia* **678**, 191-199 (2011).
6. Brouard, O., *et al.* Are algae relevant to the detritus-based good web in tank-bromeliads? *PLoS ONE* **6**, 1-10 (2011)
7. Frank, J.H. in: Phytotelmata: terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities (eds. Frank, J.H. & Lounibos, L.P.) 101-128 (Plexus, Medford, 1983).
8. Brouard, O., *et al.* Understorey environments influence functional diversity in tank-bromeliad ecosystems. *Freshwater Biology* **57**, 815-823 (2012).
9. García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2004).
10. Coordinación General del Medio Ambiente. Programa de Manejo del Área Natural “La Martinica” Banderilla, Veracruz. Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente, Gobierno del Estado de Veracruz. **9(1)** (2006).
11. González-González, J. & Novelo, E. in Manual de Herbario (Lot, A. & Chiang, F. comps.) 47-54 (Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., México, 1986).
12. Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales (Gustav Fischer, Jena, 1999).
13. Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales (Elsevier GmbH, München, 2005).
14. Ettl, H. & Gärtner, G. Syllabus der Boden-, Luft- und Fechtenalgen (Springer Spektrum, Berlin, 2014).

15. Novelo, E. Bacillariophyta Hustedt. Flora de Tehuacán-Cuicatlán 102 (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2012)
16. Komárek, J. & Fott, B. Chlorophyceae (Grüalgen). Ordnung: Chlorococcales. (E. Schwizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1983).
17. Guiry, M.D. & Guiry, G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; consultado el 28 de mayo de 2014.
18. Novelo, E. y Tavera, R. TAXFICH – LACET / Bases de datos. <http://lacet.meridion.mx/bd.html>; información solicitada el 28 de mayo de 2014 .
19. Elster, J. 1999. Algal versatility in various extreme environments, in enigmatic microorganisms and life in extreme environments (Seckbach, J. ed.) 217-227 (Kluger Academic Pub., Dordrecht, 1999).
20. Leassle, A.M. A Micro-limnological study of Jamaican Bromeliads. *Ecology* **42**, 499-517 (1961).