

La unión hace la fuerza: historia de los líquenes

Los líquenes son organismos poco conocidos para la sociedad fuera del área biológica. Son una asociación simbiótica entre un hongo y un alga, los cuales se unen para formar un solo organismo. La complejidad de esta simbiosis es el reflejo de una historia evolutiva de millones de años. Así pues, nuestro objetivo es dar a conocer qué son los líquenes y la historia de su simbiosis.

Introducción

Se dice que la unión hace la fuerza y un claro ejemplo son los individuos que se asocian en la simbiosis liquénica. Se denomina simbiosis a la unión de dos individuos de diferentes especies que muestran una relación estrecha entre sí. La simbiosis liquénica está representada principalmente por la unión de un hongo y un alga, o un hongo y una cianobacteria (bacterias que producen su alimento mediante fotosíntesis) (Figura 1). La simbiosis se puede establecer entre animales, plantas, microorganismos y hongos. Se puede dar de diferentes maneras, por ejemplo: a la relación en la que uno de los individuos se beneficia y el otro se ve afectado se le conoce como *parasitismo*; en el *comensalismo*, en cambio, sólo uno se beneficia, pero el otro no se ve afectado; y, finalmente, a la relación donde ambos individuos se ven beneficiados por la simbiosis se le llama *mutualismo*. Un ejemplo de simbiosis mutualista son los líquenes. En esta relación, casi como en una “amistad”, ambos individuos se benefician al formar una nueva estructura, ya que obtienen mayor resistencia para colonizar territorios en los que no podrían crecer de manera individual.

Esta simbiosis ha sido tan exitosa que algunos hongos pueden relacionarse al mismo tiempo con un alga y con una cianobacteria. Incluso, algunos líquenes pueden convivir con dos especies de hongos junto con el alga o cianobacteria. Al unirse estos organismos en simbiosis, forman una estructura que conocemos como *talo liquénico* (Figura 2).

Todas las simbiosis liquénicas son únicas, el talo del líquen puede variar mucho en forma y tamaño de acuerdo con las diferentes combinaciones entre hongos,

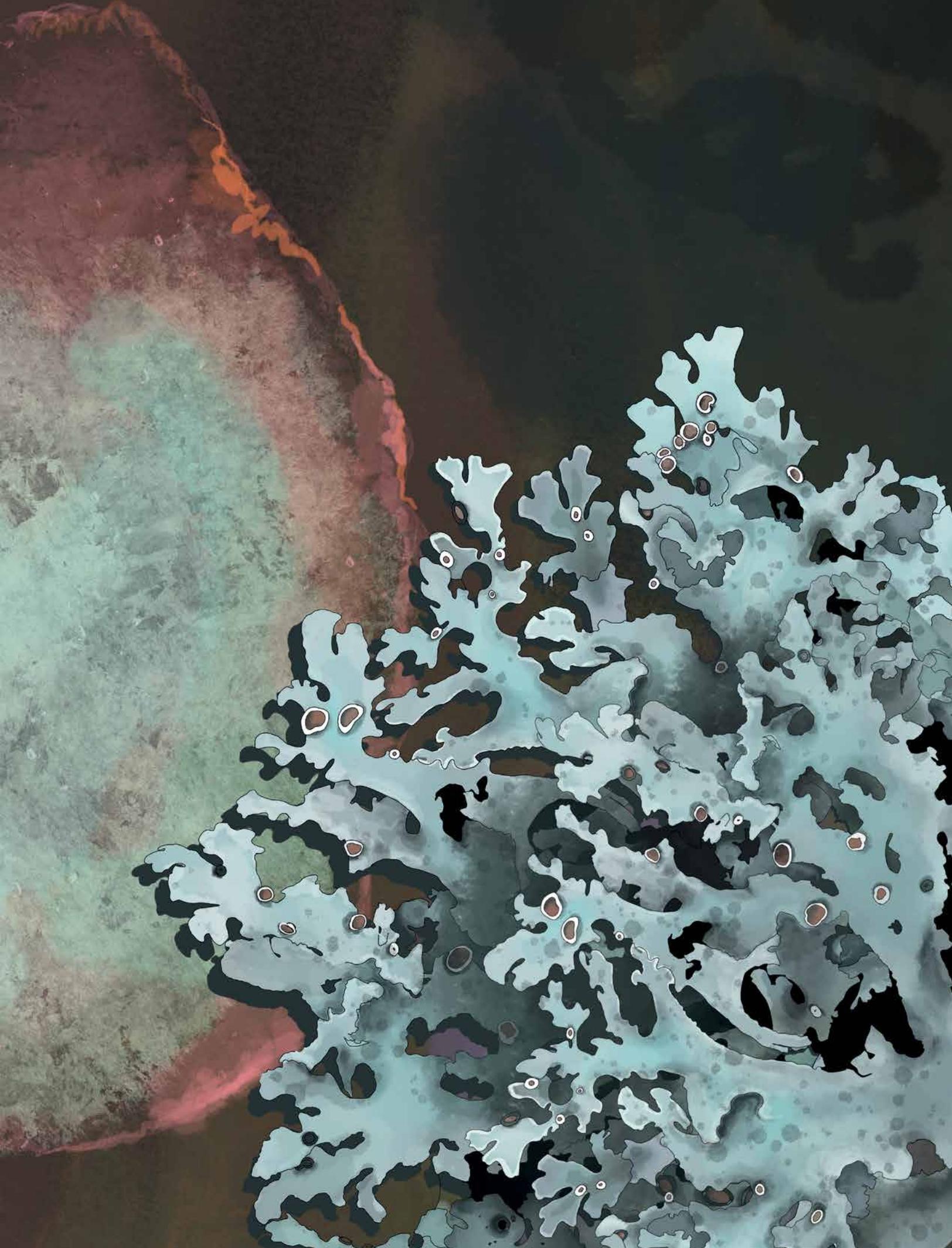




Figura 1. Ejemplos de organismos que pueden conformar un líquen. a) Hongos terrestres (basidiomicetos); b) algas marinas (*Macrocystis pyrifera*), y c) cianobacterias acuáticas (*Nostoc verrucosum Vaucher*). Estas fotografías son de carácter ilustrativo ya que las especies de hongos, algas y cianobacterias que forman los líquenes son muy diferentes y microscópicas.

algas y cianobacterias (Figura 3). Debido a estas combinaciones particulares entre los tres organismos, conocemos alrededor de 19 387 especies de líquenes en todo el mundo. En México se conocen 2 722 especies, pero se estima que su número podría alcanzar las 5 000, tomando en cuenta la diversidad de ecosistemas del país. La mayoría de los líquenes conocidos en México son de los bosques templados: 947, seguidos por el matorral xerófilo, con 544, y el bosque tropical húmedo, con 391 especies.

Por supuesto que esta asociación tan exitosa no se dio de la noche a la mañana. Para tratar de entender el proceso de esta gran “amistad”, debemos echar un vistazo a la historia evolutiva de estos organismos. Primero hablemos de la importancia de los líquenes, posteriormente de la antigüedad de su simbiosis, de su tolerancia a la desecación y, finalmente, ofreceremos una breve conclusión so-

bre la historia evolutiva de la simbiosis líquénica. Nos preguntamos ¿quién fue primero, el alga o la cianobacteria?

■ Importancia de los líquenes

■ El ser humano ha usado los líquenes de diferentes maneras para su beneficio, principalmente en la alimentación. Registros antiguos mencionan el uso de algunas especies en la elaboración de pan; incluso, se tiene reporte de que el ejército de Alejandro Magno, durante su paso por Persia, se alimentó con pan elaborado con especies de líquenes. En China se usa la especie *Thamnolia vermicularis* para la fabricación del té “Snow tea”. En Japón y Corea se consume *Umbilicaria esculenta* como ensalada y en sopa con soya o frita. Incluso, existe el registro de que en México se usan dos especies del género *Usnea* para la

Matorral xerófilo ▶ Ecosistema característico de zonas áridas y semiáridas con baja precipitación, donde predomina la vegetación adaptada a la escasez de agua.

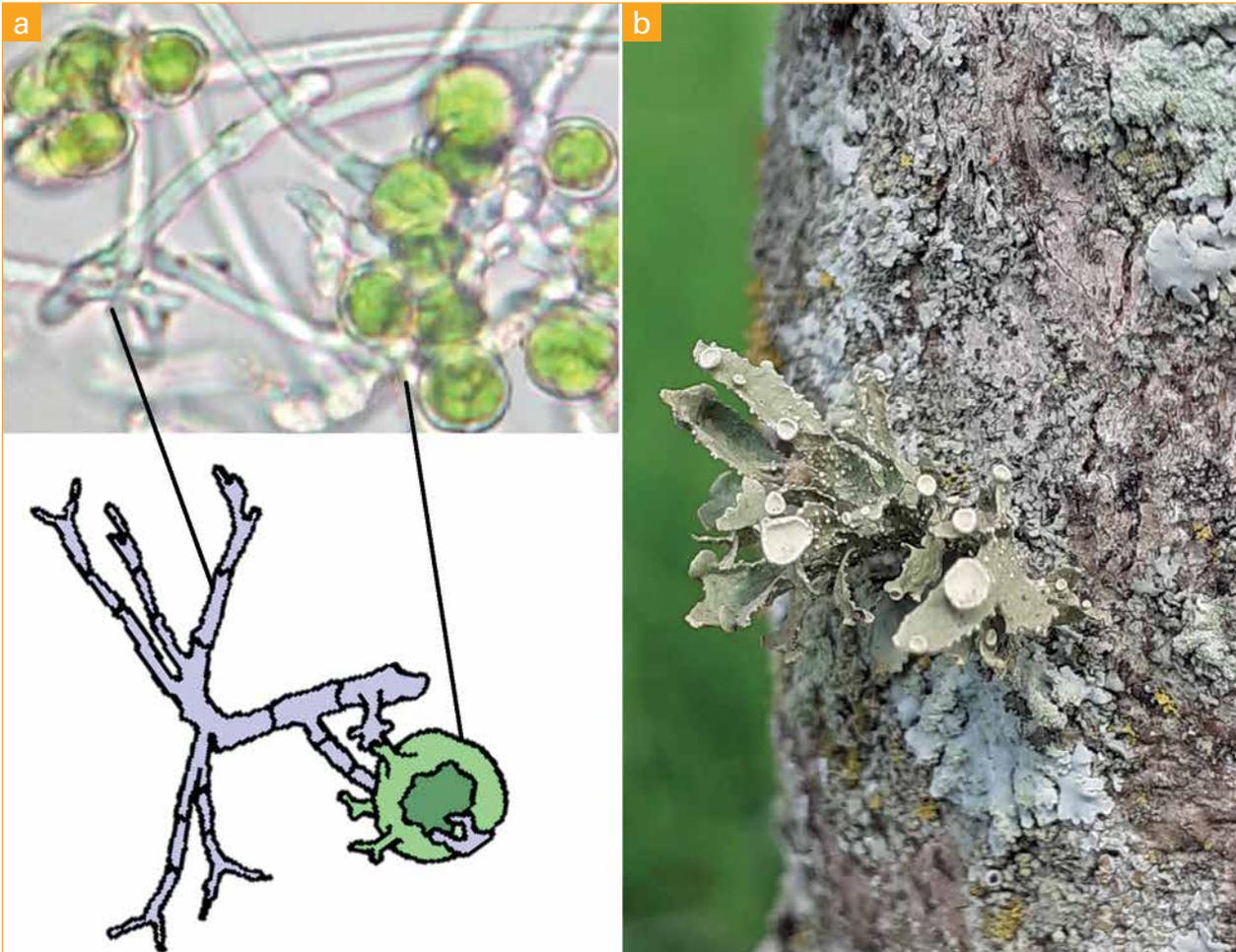


Figura 2. Taló liquénico. *a)* Estructura interna de un líquen conformado por hifas (hebras del hongo) y células de algas (en color verde) (ilustración modificada: Spielmann, 2006); *b)* diferentes líquenes en un tronco (fotografía: Ruiz-Cazares). Algunos líquenes pueden tener gran tamaño, pero la mayoría son pequeños e incluso microscópicos.

fabricación de la cerveza tradicional a base de maíz llamada “tesgüino”.

Otra aplicación relevante de los líquenes es su uso como colorantes naturales. La tinción de objetos, accesorios, o fibras con tintes obtenidos a partir de líquenes ha sido documentada en diversas culturas del mundo. Por ejemplo, los rarámuris en Chiuhahua, los nahuas en Veracruz y algunos pueblos originarios de Chiapas y Oaxaca utilizan algunas especies del género *Usnea* para obtener tintes de tonalidades cafés, doradas, amarillas a naranjas para teñir mantas, fibras de origen vegetal o de lana.

El uso de los líquenes en la medicina tradicional es aún más amplio, ya que se han utilizado diferentes especies para el tratamiento de problemas urinarios, como antihemorrágico en heridas pequeñas,

e incluso en el tratamiento de la tuberculosis. En México existe un registro amplio de especies que se usan en la medicina tradicional, principalmente para el tratamiento de enfermedades respiratorias y quemaduras.

Uno de los aspectos más importantes de los líquenes es que son sensibles a la contaminación del ambiente; algunas especies pueden desaparecer por completo en lugares con altos niveles de contaminación, por lo que se han usado como indicadores de contaminación y para la evaluación del deterioro y calidad del medio ambiente. Debemos agregar que los líquenes sirven como nido y resguardo de otros organismos, como insectos y arañas, además de servir de alimento para vertebrados e invertebrados. Se considera que los líquenes tienen gran importancia



Figura 3. Diferentes formas que puede tener un líquen. *a)* Líquen folioso del género *Punctelia* en color verde y líquen fruticoso (en forma de arbusto pequeño) del género *Teloschistes* en color amarillo. *b)* Líquen gelatinoso del género *Leptogium*, el cual tiene una estructura interna muy particular que lo hace parecer como de gelatina. Fotos: Ruiz-Cazares.

tanto para el ser humano como para el ambiente en general.

El origen de la simbiosis líquénica

Ya que hemos visto la importancia de los líquenes, adentrémonos en conocer el posible origen de la simbiosis. Muchos investigadores se han preguntado dónde y cuándo surgió la primera simbiosis líquénica. Algunos se han dado a la tarea de buscar líquenes en el registro fósil para determinar su antigüedad; sin embargo, son muy pocos los registros que se han descubierto. Los primeros registros de líquenes fosilizados se encontraron en 1965 en Tennessee, EUA. Se estima que tienen una antigüedad de 55 millones de años, aproximadamente. Tres décadas más tarde, en 1995, se encontró el registro de lo que parece una simbiosis de cianobacterias y hongos de 400 millo-

nes de años. Sin embargo, los registros más antiguos se encontraron en Weng'An, China, con 600 millones de años de antigüedad; este registro consiste en filamentos de hongos estrechamente relacionados con algas o cianobacterias.

Es extremadamente complicado reconocer hongos y algas en simbiosis fosilizados, ya que el proceso de fosilización requiere de condiciones específicas para lograr un registro óptimo de un organismo que vivió hace millones de años. Lo anterior ha hecho aún más raro que se puedan observar registros claros de los participantes de la simbiosis o en estructuras características de líquenes.

Algunos registros fósiles más convincentes, donde se puede distinguir con mayor claridad la simbiosis, provienen de yacimientos en Escocia, con una antigüedad de 400 millones de años. En éstos se observa la simbiosis entre un hongo y una ciano-

bacteria que, en conjunto, forman una estructura de un talo gelatinoso (véase la **Figura 3b** y **Figura 5b**). Otros registros con la misma antigüedad encontrados en Brasil, Bolivia y Canadá presentan características morfológicas que coinciden con un talo gelatinoso, como es el caso de algunos líquenes acuáticos encontrados actualmente del género *Verrucaria* (**Figura 4**). No obstante, hay una gran brecha entre los fósiles de hace 400 millones de años y los de hace 55 millones de años. Estos últimos tienen estructuras más similares a los líquenes actuales, los cuales se estima que surgieron hace unos 200 millones de años; por ello, la información al respecto aún se considera incompleta.

Líquenes y su tolerancia a la deshidratación

Si pensamos que la simbiosis liquénica requiere que el hongo deje su vida debajo del suelo y el alga o cianobacteria salga de su vida oculta dentro del agua, ambos quedarían expuestos a altos niveles de radiación solar y desecación. Sin embargo, los lí-

quenes son capaces de crecer en ambientes donde la humedad es extremadamente escasa. Esta alta resistencia a la desecación es resultado de la simbiosis. Así, estos organismos tienen la capacidad de colonizar diferentes sustratos y crecer en hábitats en los que cada parte, individualmente, no podría sobrevivir. Ejemplo de ello son las especies que crecen en los desiertos e incluso en los polos.

Los líquenes tienen una gran capacidad para tolerar la deshidratación y pueden absorber el doble de su peso seco en agua. Aquellos líquenes que están en simbiosis con cianobacterias pueden absorber hasta 20 veces su peso en agua. No obstante, este proceso está sujeto a lo que llamamos *estrés oxidativo* (proceso químico que favorece el envejecimiento y muerte celular). Los líquenes tienen mecanismos que regulan dicho estrés facilitando la sobrevivencia y un restablecimiento rápido de los estados de deshidratación y rehidratación. El costo de la regulación de temperatura es muy alto y se refleja en un crecimiento extremadamente lento, aproximadamente 1 mm al año, aunque implica un gran beneficio

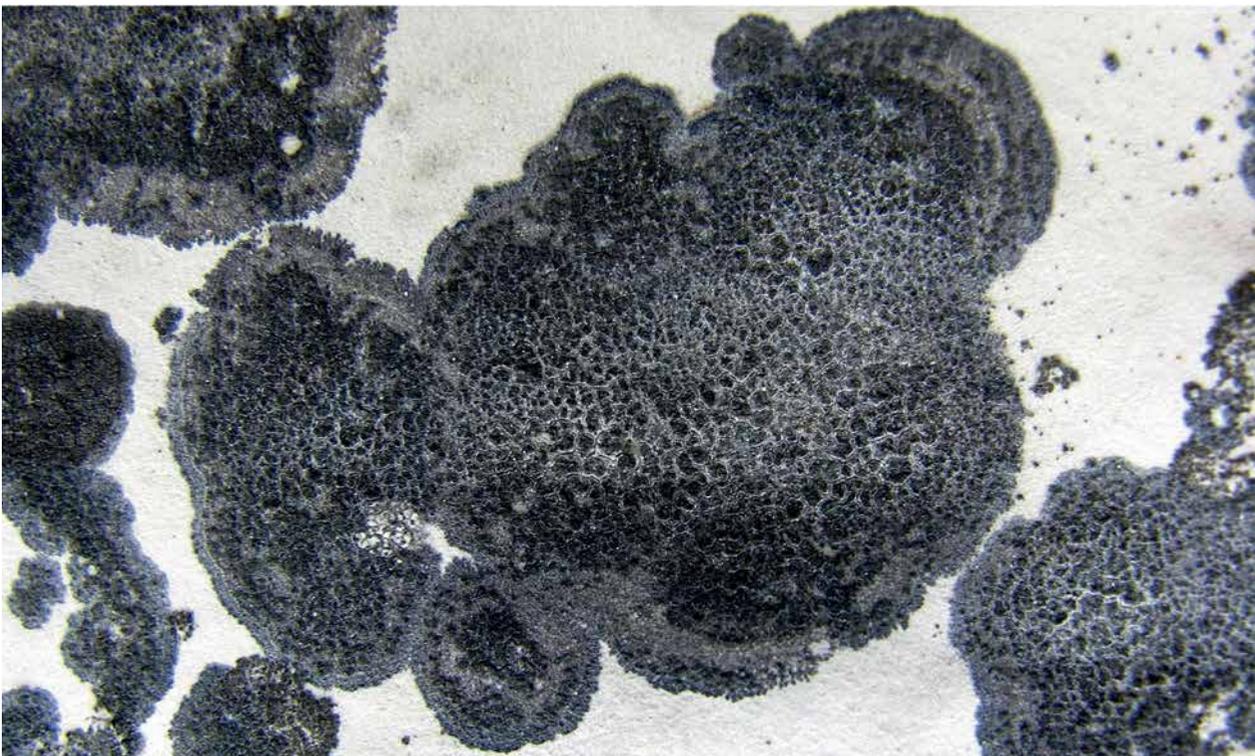


Figura 4. Fotografía del líquen *Verrucaria nigrescens*. Este género tiene sólo una capa morfológica y carece de capa inferior. Se considera de menor complejidad que los que tienen más capas morfológicas. Fotografía: Andrew Khitsun, en Nash y cols. (2007), imagen de acceso libre.

evolutivo. Para ambos, hongo y alga, el aumento en su capacidad de tolerancia al estrés hídrico es esencial para su sobrevivencia fuera del suelo, lo que incrementa su posibilidad de reproducirse y dispersarse.

Todo lo anterior parece confirmar que la asociación de hongos, algas y cianobacterias en los líquenes tiene muchos beneficios para todos los participantes. En la simbiosis el hongo potencializa la tolerancia del alga a la desecación y, además, la protege de la radiación solar. El alga se ve más beneficiada por el hongo ya que, además de ser protegida, obtiene los nutrientes necesarios para su sobrevivencia.

En otras investigaciones se ha demostrado que el hongo puede desarrollar una forma de talo específico de acuerdo con el alga o cianobacteria con el que está en simbiosis. A esto se le llama *fotomorfismo*, característica que se considera podría ser la clave para entender los procesos evolutivos que han permitido la distribución y abundancia de las especies de líquenes.

■ ■ ■ ¿Quién fue primero, el alga o la cianobacteria?

■ Ahora bien, la siguiente pregunta es: ¿con quién fue la primera simbiosis de los hongos?, ¿con un alga o con una cianobacteria? Como ya hemos comentado, los fósiles más antiguos de líquenes son de organismos que están en simbiosis con cianobacterias, cuyos talos se asemejan a los líquenes acuáticos actuales. Lo anterior podría sugerir que las primeras simbiosis de líquenes fueron hongos en asociación con cianobacterias en un hábitat donde estaban sumergidos en agua y que, posteriormente, hicieron asociación con algas y evolucionaron hasta los líquenes que conocemos hoy en día.

Estudios de biología molecular han demostrado que los genes involucrados en la tolerancia a la desecación en las algas en simbiosis con líquenes probablemente fueron transferidos desde cianobacterias en



simbiosis líquénica. Esto sugiere una ventaja evolutiva para las cianobacterias en simbiosis con los hongos y refuerza la teoría de que los primeros líquenes fueron asociaciones de hongos con cianobacterias.

Otros trabajos que refuerzan esta teoría son aquellos de análisis morfológicos, ya que la mayoría de los líquenes en asociación con cianobacterias tienen una estructura interna a la que se le conoce como *homómera*. Esto no es más que la poca estructuración de la parte interna; es decir, no hay una diferenciación en capas de la cianobacteria y el hongo, lo cual hace que el talo del líquen se vea de forma gelatinosa (Figura 5a). En el caso contrario, los líquenes que tienen una estructura interna *heterómera* tienen una división de diferentes capas donde se pueden distinguir estratos bien definidos del hongo y el alga (Figura 5b). Asumiendo que la estructura más simple es la más primitiva, entonces en este sentido, se refuerza la teoría de que las cianobacterias fueron las primeras en estar en simbiosis con los hongos.

■ ■ ■ Conclusiones

■ El eslabón de la historia evolutiva de la simbiosis líquénica aún se encuentra perdido, pero se sigue buscando y hoy en día existen diferentes grupos de investigación dedicados al entendimiento de los procesos evolutivos que han tenido los líquenes para tener esa simbiosis tan exitosa. La carencia de registros fósiles completos de estos organismos impide realizar estudios más profundos sobre algunos aspectos de su evolución. Sin embargo, existe una amplia ventana de posibilidades de análisis genéticos tanto de hongos en simbiosis como de algas y cianobacterias que nos permitirán tener un mejor entendimiento de la historia evolutiva.

Aline Graciela Ruiz-Cazares

Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (Inbioteca),
Universidad Veracruzana.
alinegrcazares@hotmail.es

María del Rosario Gregorio-Cipriano

Instituto de Ecología A. C. (Inecol).
rosriogc@gmail.com

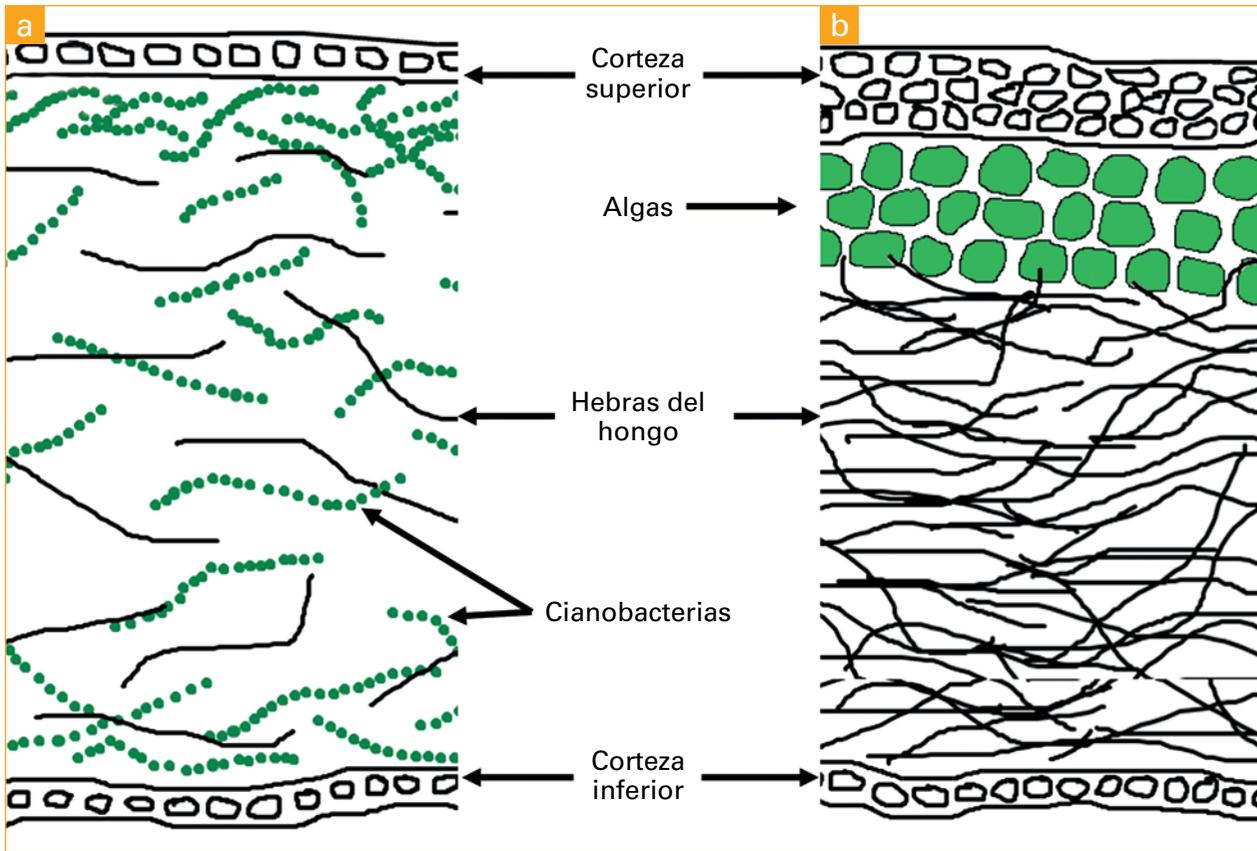


Figura 5. Diferencias entre los talos morfológicos de los líquenes. a) Esquema de la estructura interna de un talo homómero, b) esquema de la estructura interna de un talo heterómero. Ilustración: Ruiz-Cazares.

Lecturas recomendadas

- Bautista-González, J. A. (2017), *Uso, conocimiento local y cosmovisión de líquenes en la región de Tehuacán-Cuicatlán*, tesis de maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM, México.
- Candotto, F. C., M. Gerdol, A. Montagner, E. Banchi, G. de Moro, C. Manfrin, L. Muggia, A. Pallavicini y M. Tretiach (2016), "New features of desiccation tolerance in the lichen photobiont *Trebouxia gelatinosa* are revealed by a transcriptomic approach", *Plant Molecular Biology*, 91:319-339.
- Herrera, M., R. Lücking, R. E. Pérez, R. Miranda, N. Sánchez *et al.* (2014), "Biodiversidad de líquenes en México", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S82-S99.
- Hill, D. J. (2009), "Asymmetric co-evolution in the lichen symbiosis caused by a limited capacity for adaptation in the photobiont", *Botanical Review*, 75:326c338.
- Nash, T. H., B. D. Ryan, C. Gries y F. Bungartz (eds.) (2007), *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region*, vol. III, Arizona, Lichens Unlimited, Arizona State University.
- Rikkinen, J. (2003), "Ecological and evolutionary role of photobiont-mediated guilds in lichens", *Symbiosis*, 34:99-110.
- Saini, K. C., S. Nayaka y F. Bast (2019), "Diversity of lichen photobionts: their coevolution and bioprospecting potential", en T. Styanarayana, S. K. Das y B. N. Johri (comps.), *Microbial diversity in ecosystem sustainability and biotechnological applications*, Singapur, Springer, pp. 307-332.
- Spielmann, A. A. (2006), "Checklist of lichens and lichenicolous fungi of Rio Grande Do Sul (Brazil)", *Caderno de Pesquisa, Série Biologia* 18:7-125.
- Spribille, T., P. Resl, D. E. Stanton y G. Tagirdzhanova (2022), "Evolutionary biology of lichens symbioses", *New Phytologist*, 234:1566-1582.
- Yuan, X., S. Xiao y T. N. Taylor (2005), "Lichen-like symbiosis 600 million years ago", *Science*, 308:1017-1020.