

LOS LÍQUENES:

DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS,
IMPORTANCIA Y USOS POTENCIALES

Huereca Delgado, A., S.M. Salcedo Martínez, M. Alvarado
Vázquez y S. Moreno Limón.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de
Ciencias Biológicas Departamento de Botánica, Autor de
correspondencia: sergio.salcedomr@uanl.edu.mx



RESUMEN

En este artículo se abordan los líquenes, que tradicionalmente son consideradas asociaciones entre un hongo y una o varias algas. En ellas, cada simbiote se beneficia del otro obteniendo nutrientes o protección. La asociación causa un cambio morfofisiológico donde el líquen adquiere una forma diferente al hongo o al alga y nuevas capacidades de síntesis, mejorando con ello sus capacidades adaptativa y competitiva. Existen alrededor de 13,500 especies de líquenes, el nombre de la especie del líquen lo recibe del hongo que participa en la asociación. México cuenta con 2500 especies registradas. La diversidad líquénica obedece a una radiación adaptativa a casi todo tipo de sustratos, desde suelo, rocas, cortezas o carapachos de tortugas, hasta estructuras hechas por el hombre. Los líquenes se identifican tradicionalmente por la consistencia y anatomía de su cuerpo o talo, de modo que los hay homómeros (gelatinosos) y heterómeros; la forma del talo, teniendo bajo este criterio costrosos, foliosos y fruticosos y por poseer ciertas estructuras peculiares que sirven para la fijación al sustrato, para la reproducción asexual o la reproducción sexual. También la presencia de sustancias líquénicas, que se revelan mediante reacciones químicas es diagnóstica de las especies. La importancia biológica de los líquenes radica en que son organismos pioneros en el establecimiento de la cobertura vegetal del suelo y una vez formado, los cianolíquenes lo fertilizan atrapando el nitrógeno atmosférico y cambiándolo de su forma inerte a otra reactiva biodisponible, además, la presencia de líquenes sirve de refugio y alimento a una gran diversidad de fauna. Por otra parte, en diversas culturas los líquenes son consumidos como gelatinas, pan, bebidas, ensaladas o se han utilizado como fuente de colorantes naturales o remedios medicinales. Existen más de 700 sustancias líquénicas, que poseen actividades antineoplásicas, antibióticas, antivirales, antioxidantes y como filtros solares. Su lento crecimiento se ha empleado para fechar la edad de estructuras o formaciones rocosas y la susceptibilidad a la contaminación atmosférica ha permitido usarlos como indicadores de la calidad del aire en áreas urbanas, pero estas útiles características también ponen en riesgo de desaparición a estos bellos seres poco conocidos.



Líquenes, taxonomía, spot tests, sustancias liquénicas

INTRODUCCIÓN

Nos gustaría evocar dos imágenes en nuestros lectores antes de abordar los líquenes: se trata de la lama y el moho. La lama es esa capa pastosa o fibrosa que comúnmente aparece después de las lluvias en el fondo de los charcos o en los estanques y arroyos y que puede desprenderse del fondo y flotar gracias a las burbujas de oxígeno que producen las algas que la forman. Estas algas diminutas pueden encontrarse en forma individual, en grupos o formando filamentos. Esta lama puede ser vista también en superficies húmedas como son las cortezas de árboles o rocas, donde puede tener un color verde, pardo amarillento o casi negro. Por otra parte, al moho muy probablemente lo hemos observado

cubriendo hojas, frutas o alimentos en descomposición, identificándolo como un algodoncillo de color comúnmente blanco, verde, negro o rosado. Al observarlo con una lupa o bajo el microscopio distinguimos que se trata de filamentos microscópicos que forman el cuerpo de ciertos hongos. En esta fase vegetativa el hongo se alimenta, crece y es capaz de reproducirse formando esporas asexuales, es decir por mitosis y sin la participación de gametos. La razón para describir lo anterior es porque un líquen se le definía hasta el 29 de Julio del 2016, como una asociación entre un hongo (moho) y una o varias algas (lama). Al hongo se le conoce como micobionte, al alga verde como ficobionte y a la cianobacteria como cianobionte.

Comúnmente cuando existen dos algas o más en un líquen éstas se localizan formando parte de diferentes estructuras en el líquen. Cabe aclarar que no todos los hongos ni todas las algas forman líquenes, pero en esta sociedad ambos participantes resultan beneficiados (simbiosis mutualista) recibiendo el alga del hongo nutrientes simples en la forma de sales minerales y protección de los rayos UV solares y contra la desecación, mientras el hongo recibe del alga nutrientes complejos producto de la fotosíntesis. Además, la forma del líquen resultante es definida y no se asemeja a ninguno de los simbiosistas, siendo única y constante para ellos. Esta forma parece depender de otro socio descrito en la revista Science en 2016 como una levadura basidiomicetácea que se encuentra en la corteza superior de los líquenes y cuyo linaje se presenta en áreas geográficas amplias (Spribille *et al.*, 2016).

Debido a que, la asociación causa que la fisiología del líquen sea diferente a sus partes, ahora puede sintetizar sustancias liquénicas que ni el alga o el hongo son capaces de sintetizar al estar separados. Actualmente se conocen más de 700 compuestos que sintetizan sólo los líquenes y que les ayudan a ser más competitivos y sobrevivir al permitirles aprovechar nuevos sustratos como alimento, resistir la desecación, protegerse de la insolación, el frío o el congelamiento, prevenir enfermedades y ahuyentar depredadores.

De estas sustancias liquénicas el hombre también se ha beneficiado, pues les ha encontrado diversas aplicaciones gracias a sus actividades antineoplásicas, antibióticas, antivirales, antioxidantes y como filtros solares (Nash 2008).

El término líquen se introdujo en tiempos de Teofrasto (260 a.C) y proviene del griego leicen) que significa musgo de árbol. Los líquenes antiguamente se reconocían como vegetales por ser inmóviles y fotosintéticos. Actualmente se les sigue nombrando en los libros como vegetales o como plantas por tradición. Sin embargo, sus componentes comúnmente pertenecen a los Reinos Fungi (el hongo), Eubacteria (algas verdeazules) o Viridiplantae (algas verdes) por lo que llamarles vegetales o plantas es actualmente incorrecto desde un punto de vista taxonómico. El nombre de la especie de un líquen se otorga de acuerdo al hongo que lo forma, consta siempre de dos palabras y para ser válido sigue las reglas de nomenclatura botánicas (Ej: *Caloplaca lobulata* que abreviado sería *C. lobulata*).

Las especies conocidas de líquenes no pertenecen a un solo grupo taxonómico, es decir algunas presentan características que permiten agruparlas en un mismo género, algunos géneros comparten ciertos rasgos que identifican a una familia, varias familias tienen particularidades que permiten agruparlas en cierto Orden y así en forma ascendente los Ordenes similares se agrupan en una Clase, las Clases en un Phylum y éstos en un Reino. De los 46 Ordenes conocidos de hongos 16 contienen especies liquénicas y de ellos seis Ordenes son simbiosistas obligados, es decir los hongos no sobreviven sin el fotobionte.

De las 13,500 especies conocidas de hongos liquenizados, el 98% pertenece a los ascomicetos (Phylum Ascomycota, Subphylum Pezizomycotina), pero existen además dos géneros de basidiomicetos (Phylum Basidiomycota) y uno de hongos micorrízicos (Phylum Glomeromycota) que comúnmente forman estas asociaciones y aún se pueden encontrar "pseudolíquenes" entre los actinomicetes (Phylum Actinobacteria) y los mixomicetes (Phylum Amoebozoa).

En los líquenes formados por ascomicetos (ascolíquenes), el hongo frecuentemente produce estructuras reproductoras sexuales distintivas en forma de un disco o copa, cuya superficie está revestida por saquitos colocados verticalmente que contienen 4 esporas producto de una meiosis (o múltiplos de 4 debido a mitosis posteriores sucesivas). En los basidiolíquenes, que comprenden 50 especies, las estructuras sexuales se caracterizan por presentar superficies revestidas por filamentos o hifas con los extremos engrosados a manera de un garrote y en cuyo exterior se desarrollan comúnmente 4 meiosporas.

Por otra parte, existen aproximadamente cuarenta géneros de algas y cianobacterias que actúan como fotobiontes en simbiosis liquénicas. Las algas que se encuentran formando parte de un líquen pueden ser de color verde (92% de los líquenes contienen clorofitas) o menos comúnmente, verdeazulado (8% de los líquenes contienen cianobacterias).

Dentro de las primeras, las del género *Trebouxia* se encuentran en el 46% de los líquenes y las del género *Trentepohlia* en el 28.5% de ellos, otros géneros comunes son *Coccomyxa* y *Mirmecia*; mientras que, entre las cianobacterias, predomina el género *Nostoc*, seguido por *Scytonema*, *Stigonema*, *Gloeocapsa* y *Calothrix*.

El número de especies reportadas para Europa es 7264, África 3830 registros, Oriente Medio 2417, Norte América 4800 y 4700 para América del Sur. Para México los registros comprenden 2500 especies de líquenes.

Los líquenes se desarrollan sobre diversas superficies. Los que viven sobre otros organismos o epibiontes, pueden ser epifitos o epizoos. Dentro

de los primeros se encuentran los cortícolas, que crecen sobre la corteza de los árboles, los lignícolas sobre troncos caídos, los muscícolas lo hacen sobre musgos, los folícolas crecen sobre hojas vivas, los liquenícolas son hallados sobre otros líquenes y en este caso se denominan parasimbiontes y los epizoos o zoobióticos crecen sobre tejidos animales, como son caparazones de tortugas o exoesqueletos de insectos.

Entre los líquenes que habitan sustratos específicos inertes se encuentran los terrícolas, ubicados directamente sobre el suelo; los humícolas, hallados sobre hojas muertas; los saxícolas o rupícolas que crecen sobre rocas e incluyen las especies endolíticas. Adicionalmente, un gran número de sustratos artificiales como: piel, pared, fibra de vidrio, esculturas, vitrales, pinturas, concreto, asfalto y huesos también son susceptibles de ser colonizados por estos organismos y son causa del deterioro de numerosas obras de arte alrededor del mundo.

Los líquenes se identifican tradicionalmente por la forma de su cuerpo o talo, así como por los componentes químicos que produce, los cuales se ponen de manifiesto al hacer reaccionar las partes del talo donde se acumulan, con una serie de compuestos químicos, principalmente hidróxido de potasio, hipoclorito de sodio, para-fenilendiamina, lugol (Iodo) y ácido nítrico. Esto se logra aplicando el reactivo con un palillo sobre la superficie o el interior, después de realizar un corte con una navaja. Las reacciones positivas, que indican que

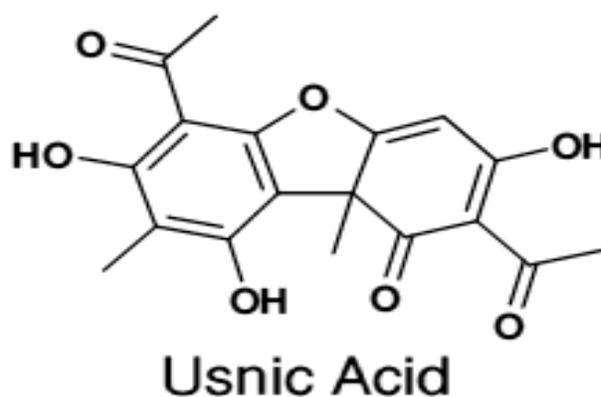


Figura 1. Diagrama de la molécula del Ac. Úsnico.

un compuesto químico está presente (comúnmente dépsidos, depsidonas, antraquinonas y xantonas), se aprecian como la aparición de colores vivos, como amarillo, rojo o morado, dependiendo del reactivo empleado y el compuesto de que se trate. Los compuestos presentes pueden darle al líquen protección contra la luz (atranorina y pigmentos como xantonas o ácidos úsnico, rizocárpico, vulpínico y pulvínico y sus derivados), depredadores (ácido lecanórico) o enfermedades (ácido úsnico), vuelven impermeables ciertas áreas internas (ácido fumarprotocetrárico) permitiendo el intercambio gaseoso necesario en la fotosíntesis o las hacen hidrófilas, favoreciendo la absorción de agua atmosférica (ácido norestíctico) y en consecuencia, la hidratación del talo.

El cuerpo de un líquen no presenta raíz, tallo u hojas, aunque puede tener estructuras semejantes llamadas respectivamente rizoides, talo (el cuerpo propiamente) y lóbulos. Los talos liquénicos están organizados básicamente en dos formas (Figura 2). El tipo de arreglo más común es el del talo heterómero, en el cual fotobionte y micobionte ocupan diferentes estratos dentro del líquen. El segundo tipo de arreglo o talo homómero es aquel en el que fotobionte y micobionte se encuentran distribuidos de forma uniforme. Este tipo de arreglo se presenta en los líquenes gelatinosos, los cuales son capaces de absorber más agua que los no gelatinosos en relación a su peso seco y en los que comúnmente se presentan las algas verdeazules como fotobiontes.

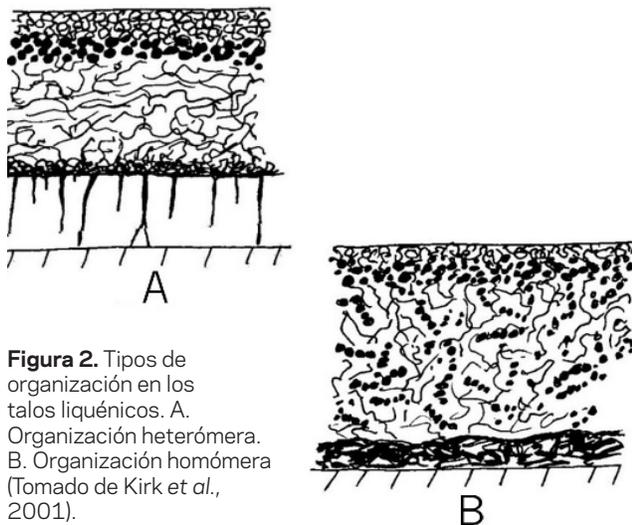


Figura 2. Tipos de organización en los talos liquénicos. A. Organización heterómera. B. Organización homómera (Tomado de Kirk et al., 2001).



Figura 3. Líquen gelatinoso: hidratado los círculos son apotecios (Santiago, N.L. y Marqués de Comillas, Chiapas).

En los talos heterómeros el talo se divide en varias capas, por una parte, aparece una corteza fúngica o capa exterior superficial de hifas muy apretadas, donde por lo general nunca se encuentran rastros del alga. A continuación, aparece la llamada capa gonidial, con hifas laxas mezcladas con células algales, es la región donde se produce la fotosíntesis por parte del fotobionte y la interacción de éste con el hongo se hace más patente por la presencia de los haustorios (hifas que rodean el cuerpo del alga). Por último, se presenta la médula, con hifas poco apretadas, de aspecto algodonoso y con espacios que permiten la aireación del talo. La médula es hidrófoba, de modo que incluso en las épocas de lluvia el interior del talo puede permanecer seco, permitiendo así la circulación del aire.

En la mayor parte de los líquenes foliáceos se constituye una corteza inferior por debajo de la médula, de anatomía similar a la corteza superior, pero en ella las hifas suelen tener la pared oscurecida por la presencia de melanina. Es probable que esta capa tenga un papel importante en la retención capilar de agua en la parte externa del talo.

En base a su aspecto, estratificación y las estructuras de fijación al sustrato, los talos se clasifican en gelatinosos, costrosos, foliosos y fruticosos. Los talos gelatinosos, son comúnmente homómeros y absorben agua rápidamente.

Los talos costrosos son aquellos que crecen fuertemente unidos al sustrato por la médula o un hipotalo, hasta el punto de que es imposible separarlos de él sin destruirlo. Este tipo de líquenes sobreviven en ambientes muy extremos y en superficies expuestas de roca, las cuales alteran mediante sus sustancias liquénicas.

Dependen del agua del sustrato y poseen organización tanto homómera como heterómera. No poseen corteza inferior, se sujetan al sustrato por medio de la médula o de un hipotalo y su crecimiento es marginal, pudiendo muchas veces traslaparse diversos individuos y formar parches sobre el sustrato. El margen del talo puede estar claramente delimitado o ser difuso, pudiendo fisurarse, fragmentarse en placas o alargarse hasta formar lóbulos. El talo más complejo dentro de los costrosos es el llamado escumuloso y representa el paso hacia los foliáceos. En él, las areolas crecen marginalmente hacia arriba hasta llegar a separarse parcialmente del sustrato, formando las características escamas que dan nombre al biotipo.

En los líquenes foliosos el talo puede ser homómero o heterómero, usualmente posee organización dorsiventral, distinguiéndose en él zonas ventrales y dorsales; comúnmente es aplanado y lobulado, y se encuentra parcialmente despegado del sustrato a diferencia de los costrosos. Poseen diversos órganos apendiculares que los fijan al sustrato,

como cordones miceliares o rizinas y captan el agua tanto del sustrato como de la atmósfera. Son los líquenes que alcanzan mayores tamaños dentro del grupo y presentan un amplio abanico de colores, de consistencia y de formas, como los umbilicados que poseen talo circular con un único anclaje al sustrato en el centro.

El talo de los líquenes fruticosos o fruticulosos es alargado, cilíndrico o muy estrecho y tiene el aspecto de un arbusto o se asemeja a una cabellera; mide de algunos milímetros a varios metros, poseen por lo general un único punto de unión al sustrato quedando el resto del organismo lejos de él; pueden ramificarse, a veces muy profusamente, poseen crecimiento apical o intercalar y pueden ser macizos o huecos en el caso de los homómeros y aplanados los heterómeros. Su forma representa una ventaja ecológica ya que aumentan mucho la superficie de captación con un mínimo volumen; por ello abundan en territorios donde la niebla es frecuente, desde los bosques lauroides hasta los desiertos costeros.

Para separar los líquenes en diferentes grupos hasta llegar a identificar las especies, los taxónomos identifican si están presentes diferentes estructuras. Algunas de las estructuras más importantes son los órganos apendiculares, que comprenden: *las rizinas*, que son grupos de hifas de células alargadas con pared gelatinizada y fusionadas en forma paralela que sirven para sujetarse y posiblemente para la retención

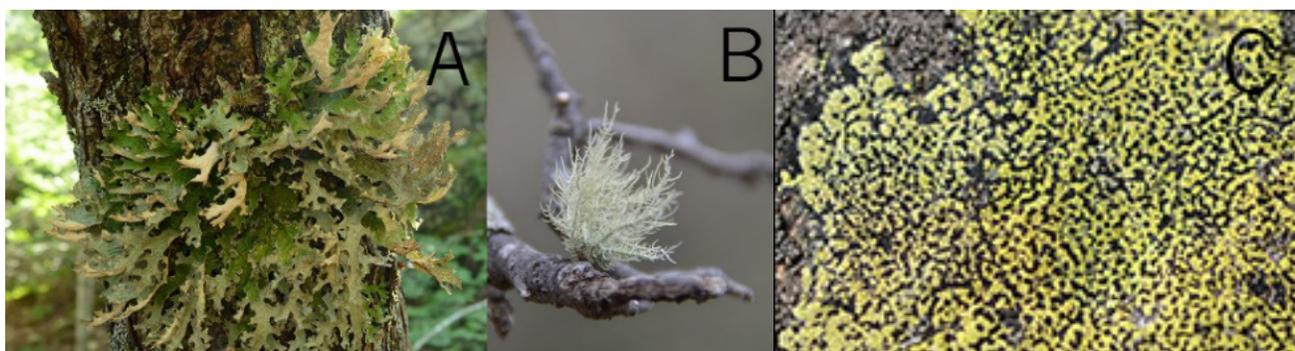


Figura 4. A) *Lobaria pulmonaria* B) *Usnea hirta* C) *Rhizocarpon geographicum*

de agua en la parte externa del talo; *los cordones rizinales* son paquetes más o menos gruesos de hifas irregularmente orientadas y ramificadas, de anatomía compleja, más laxos en el extremo y que penetran profundamente en el sustrato para expandir el talo y tienen una función similar a los estolones de las plantas (Figura 5A); *los discos basales de fijación* se localizan en los talos fruticosos y constituyen un grueso paquete de hifas medulares aglutinadas que penetran ligeramente en el sustrato; *el ombligo central* de talos umbilicados es similar, aunque más grueso; un *prótalo prosoplectenquimático* es la estructura que sirve de fijación a los líquenes costrosos, contribuye a la absorción mineral, a la agregación de partículas de suelo secretando material extracelular gelatinoso y se distingue en los márgenes del talo o entre las areolas, por la ausencia de fotobiontes y la diferencia de color (oscuro o claro) respecto al talo; *los cilios* son prolongaciones fúngicas que salen de la cara superior o margen de los talos (Figura 5B) y *el tomento* está formado por conjuntos de hifas filiformes hialinas, cortas, dispersas o densamente agrupadas, con aspecto de pelo. Por otra parte *las cifelas* del género *Sticta* son excavaciones en la cara inferior del talo recubiertas por la corteza o cortex y de anatomía compleja (Figura 6); *las pseudocifelas* son interrupciones de la corteza por la proliferación de hifas medulares que se aprecian como poros o líneas más claras y pueden aparecer en ambas caras del talo, carecen de cortex y pueden transformarse en soralios (Figura 5C); por último *los cefalodios* son estructuras constituidas por un alga distinta de la que forma el talo principal, están bien delimitados y su morfología es diferente del resto del talo (Figura 5D).

Las estructuras reproductivas asexuales que son importantes en taxonomía pueden ser simbióticas o no simbióticas. Las estructuras simbióticas, generalmente son porciones pequeñas del talo o estructuras que se originan sobre él, por sus características se clasifican en: soralios, soredios, isidios, pseudoisidios. La efectividad de estas formas de reproducción asexual está asegurada porque se separan del talo agregados de algas e hifas del hongo.

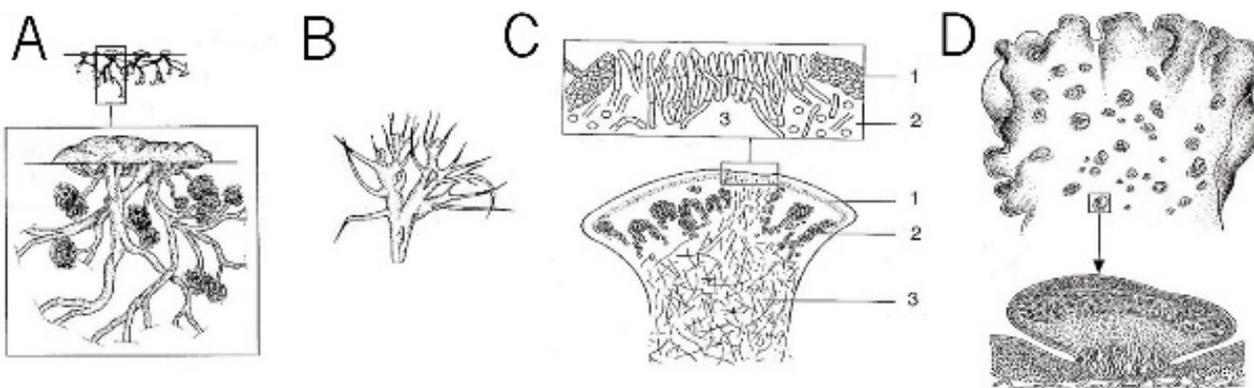
La propagación asexual por medio de la fragmentación del talo o la formación de soredios e isidios es la

principal forma de reproducción. Muchos grupos de líquenes sexuales considerados evolucionados, presentan en sus fructificaciones productoras de esporas, algunas regiones con algas y éstas se dispersan junto con las esporas. Los *soredios* son estructuras carentes de corteza, de 25 a 100 μm de diámetro, formadas por algunas células fotobiontes fuertemente envueltas por hifas. Estos comúnmente se agrupan en masas submacroscópicas de aspecto granular llamadas *soralios* (Figura 6).

Los *isidios* por el contrario se encuentran estructurados de la misma manera que el talo liquénico; son porciones de talo que se desarrollan en la superficie conservando el córtex y la estructura en capas y que pueden desprenderse con facilidad. Se originan en las capas internas del talo y emergen a través de rupturas o poros en la corteza. Son extensiones cilíndricas del talo que se observan como protuberancias de la corteza superior, conformadas por hifas y fotobiontes asociadas de manera más o menos continua (Figura 6).

Las estructuras aposimbióticas, son estructuras reproductoras asexuales que el hongo puede desarrollar por su cuenta; como son las esporas asexuales o *conidios*, que se producen en diferentes estructuras multihifales especializadas (Figura 6) como son los *picnidios* (conidioma en forma de botella con ostiolo circular o longitudinal y con la superficie interna cubierta entera o parcialmente por células conidiógenas), *campilidios* (conidiomas en forma de casco, comunes en líquenes folícolas tropicales), *esporodoquios* (conidioma en el que la masa de esporas está sobre un cojín superficial de conidióforos cortos y pseudoparénquima), *hifóforos* (esporóforo asexual pedicelado, erecto y peltado). Este tipo particular de esporas que se producen en gran cantidad, es capaz de permanecer en el medio durante mucho tiempo a la espera de encontrar el alga o cianofita adecuada con la que ha de asociarse, como ocurre con las esporas sexuales. Aunque no son las más comunes, las algas también pueden originar estructuras reproductoras asexuales como son *estados flagelados* y *hormogonios*.

En los hongos liquenizados, tanto los del Phylum Ascomycota, como los del Phylum Basidiomycota, las estructuras generadoras de esporas sexuales son casi idénticas a las que producen hongos no liquenizados.



5. Órganos apendiculares. (A) cordones rizinales, (B) cilios marginales, (C) pseudocifela: 1. corteza, 2. capa de fotobiontes, 3. médula; (D) cefalodios discoidales en cara superior. Vista superficial v corte transversal (Tomado de Izco et al.. 2004).

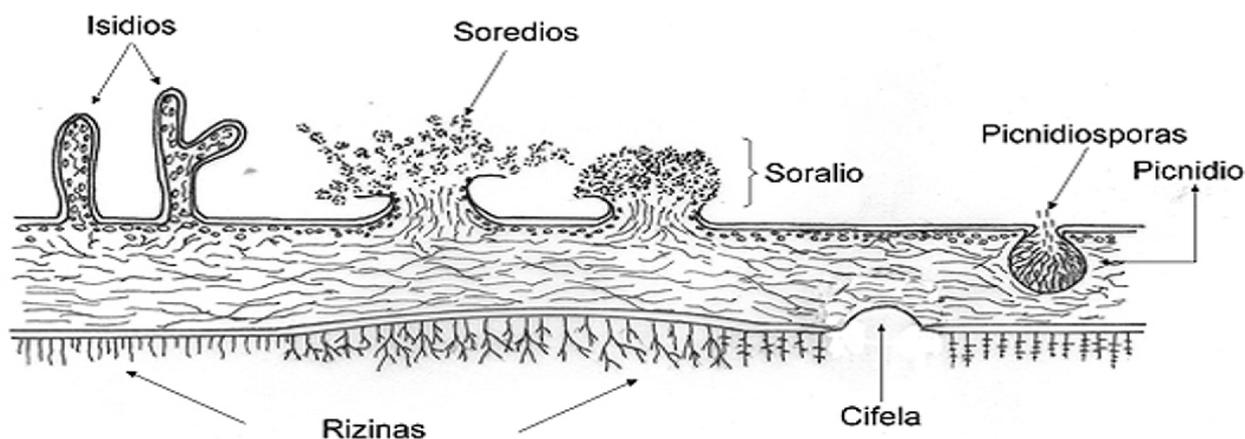


Figura 6. Esquema del corte de un líquen, indicando: isidios, soredios, sorolio, picnidosporas, picnidio, rizinas y cifela (Tomado de Álvarez y Guzmán Dávalos, 2009).

En los Ascolíquenes el ascocarpo contiene al himenio cuyas hifas generadoras producen las ascas y en ellas, esporas sexuales. Los *ascocarpos* se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- I. *Apotecios*, cuerpos en forma de copa o disco abierto en cuyo interior se encuentra el tejido fértil que contiene las ascas y esporas. Pueden ser de tipo *lecanorino*, *biatorino*, *lecideino* o *zeorino*, si presenta respectivamente margen talino, propio (excípulo), propio con pigmentación oscura, o ambos márgenes propio interior y talino exterior (Figura 7).
- II. *Cleistotecios*, ascocarpos que presentan en un estroma una cavidad que no tiene salida al exterior, cerrado (Figura 8A).
- III. *Peritecios*, ascocarpos en forma de botellas que pueden estar hundidos o elevados en el talo (Figura 8B).
- IV. *Lirelas* o *histerotecios*, se agrupan aquí a todos los cuerpos reproductivos sexuales que presentan forma alargada, lineal o ramificada (Figura 8C).

En líquenes estas estructuras pueden estar formadas exclusivamente por el hongo o tener parte de la capa algal participando de ellas, en ambos casos las estructuras producidas en el himenio se diseminan en busca de un nuevo fotobionte o desarrollan un hongo de vida libre, salvo en hongos que son incapaces de vivir fuera de la simbiosis.

Los líquenes tienen una gran importancia en los ecosistemas. Son organismos pioneros en la colonización de sitios rocosos y al degradar superficialmente las rocas son los iniciadores de la formación de los suelos que soportarán más tarde la cobertura vegetal, pues al propiciar la acumulación de polvo, empiezan a formar un sustrato apto para que se establezcan diversos organismos como musgos, invertebrados y pequeños vertebrados y posteriormente, las plantas. En las regiones boreales y de bosques templados, los líquenes formados por cianobacterias fijan el nitrógeno atmosférico enriqueciendo los suelos con este macronutriente esencial. En las tundras ciertas especies sirven de alimento principal a los renos, caribús y mamíferos pequeños, mientras en otras regiones sirven de albergue y fuente de alimento a

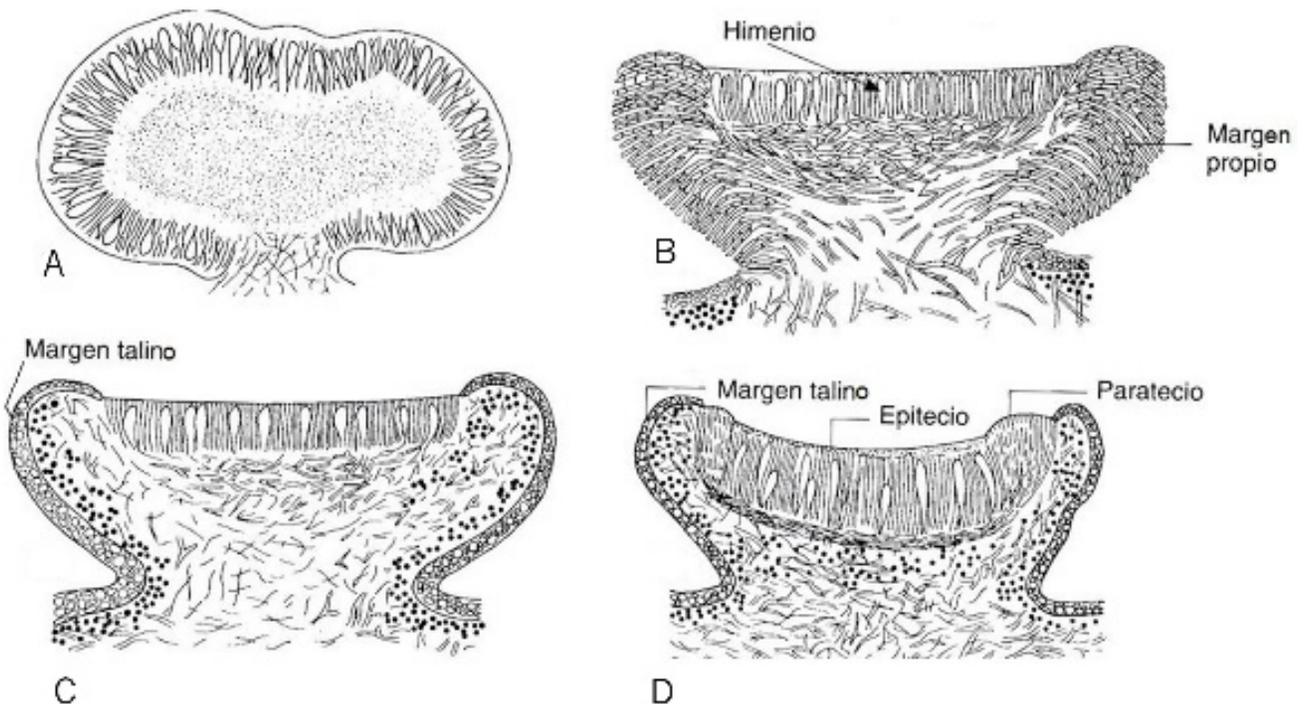


Figura 7. Tipos de apotecios en líquenes: (A) apotecio biatorino muy convexo, (B) apotecio lecideíno, (C) apotecio lecanorino, (D) apotecio zeorino (Tomado de Izco et al., 2004).

aves, gusanos, insectos, arácnidos, ácaros y moluscos. En China se utilizan diferentes especies de *Umbilicaria* para preparar sopas y ensaladas, mientras en varios países nórdicos se emplean a ciertos líquenes como forraje para los animales domésticos o para la elaboración de pan, gracias a su contenido de liquenina, un polisacárido similar al almidón. Los líquenes son utilizados como alimentos en países europeos, elaborando con ellos dulces, chocolates, gelatina, cerveza o licor, entre ellos se cuenta a *Cetraria islandica*, *Umbilicaria* sp., *Evernia prunastri*, *Cladonia rangiferina* y *Aspicilia esculenta* que se piensa sea el maná Hebreo. En Japón el líquen *Umbilicaria esculenta* conocido como lwatake se come en ensaladas o frito mientras en América algunas tribus indígenas de Norteamérica consumen *Bryoria fremontii* como gelatina de frutas o como pan y los tarahumaras del norte de la Sierra Madre Oriental elaboran tesgüino utilizando *Usnea subfusca* o *U. variolosa*. Con el "líquen de reno" nórdico *Cladonia stellaris* se hacen trabajos de floristería y decoración y la mezcla de especies de *Parmelia* en Europa o *Xanthoparmelia* en América con tabaco se ha utilizado para fumar en rituales de ciertos grupos étnicos.

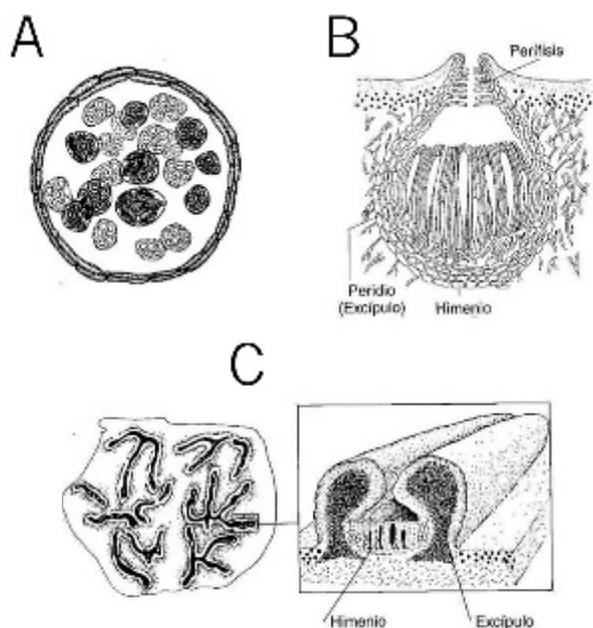
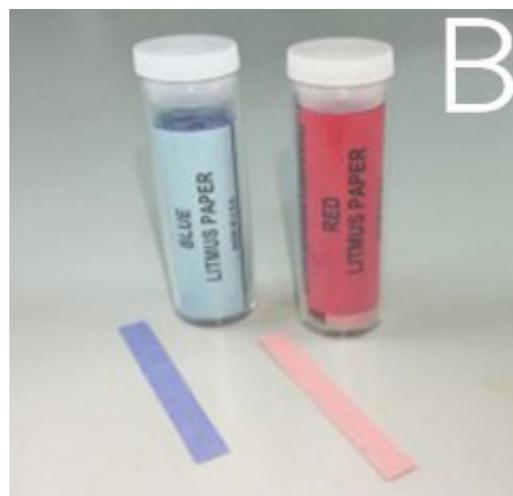


Figura 8. Tipos de ascocarpos: (A) cleistotecio, (B) peritocio, (C) lirelas. Corte transversal (A tomado de Liu y Hall, 2004; B y C de Izco, et al., 2004).

Figura 9. A) Estambre teñido con líquenes B) Papel indicador de pH cubierto con extracto líquénico C) Líquen negro en platillo culinario. (Fotos de: Noah Siegal tomada de mycopigments.com, Wikimedia commons y del Dominio Público, respectivamente).

Algunas especies medicinales se emplean en el tratamiento de catarros, gripes, hemorragias y hematomas (*Cetraria islandica*) y otras tienen aplicaciones en la industria gracias a los compuestos que se extraen de ellas, los cuales son utilizados en medicina como inhibidores del crecimiento de bacterias y hongos (como el ácido úsnico que actúa como desacoplador de la fosforilación oxidativa), como antitumorales (homoglucanos D de *Umbilicaria*, *Lobaria*, *Usnea* y *Sticta*), en perfumería como fijadores de esencias aromáticas y para dar las “notas bajas” a los perfumes (*Pseudevernia furfuracea*, *Evernia prunastri*), o en la industria textil, como colorantes naturales rojos (*Roccella*, *Ochrolechia tartarea*), amarillos y castaños (*Usnea* spp, *Ramalina* spp), pardos (*Parmelia furfuracea*, *P. omphalodes*) o malvas (*Umbilicaria* spp) ya que no requieren de mordientes.

Gracias a su lento crecimiento y persistencia los líquenes se han utilizado para calcular la edad de superficies rocosas y restos arqueológicos y por su gran susceptibilidad, una de sus aplicaciones recientes es como indicadores y monitores de ciertos contaminantes atmosféricos urbanos e industriales que inhiben o impiden su crecimiento, como el plomo, dióxido y monóxido de azufre y metales radiactivos. Lamentablemente, la útil característica de lento crecimiento de los líquenes puede ser su perdición cuando se trata de su aprovechamiento, ya que la recolecta intensiva de estos organismos, sin un programa de aprovechamiento sustentable y un respaldo científico sobre el impacto de esta actividad sobre sus poblaciones, puede causar tarde o temprano como mínimo la reducción de las áreas de distribución e incluso llegar en casos extremos a la desaparición de especies en las regiones proveedoras comerciales.

Si desea aprender algo más acerca de los líquenes puede consultar alguna de las siguientes páginas:

The Consortium of North American Lichen Herbaria (CNALH)
<http://lichenportal.org/portal/>

American Bryological and Lichenological Society
<http://www.abls.org/>

Colección de líquenes MEXU
<http://www.biodiversidad.gob.mx/fichas-conabio-war/resources/coleccion/523>

Introduction to Lichens
<http://www.ucmp.berkeley.edu/fungi/lichens/lichens.html>

Lichenland
<http://gis.nacse.org/lichenland/>

The world of lichenology
www.botany.hawaii.edu/cpsu/

International Association for Lichenology
<http://www.lichenology.org/>

The British Lichen Society
<http://www.britishtichensociety.org.uk/the-society/lichenologist>



LITERATURA CITADA

Álvarez, I. y Guzmán Dávalos, L. (2009) Flavopunctelia y Punctelia (Ascomycetes liquenizados) de Nueva Galicia, México. Revista Mexicana de Micología. 29: 15-29.

Brodo, I. M. (1974) Substrate Ecology. En: The Lichens. Ahmadjian V y Hale ME, (eds.). Academic Press, Nueva York. Pp. 401-411.

Brodo, I. M., Sharnoff, D. S., Sharnoff, S. (2001) Lichens of North America. Yale University Press, New Haven. 795 p.

Chaparro de Valencia, M. (2002) Hongos liquenizados. Vol. 8 Colección Textos. Univ. Nac. De Colombia. Bogotá, 220 Pp.

Illana Esteban, C. (2009) Líquenes comestibles. Boletín de la Sociedad Micologica de Madrid. 33: 273-282

Izco, J., Barreno, E., Burgués, M., Costa, M., Devesa, J. A., Fernández, F., Gallardo, T., Llimona, X., Prada, C., Talavera, S., Valdés, B. (2004) Botánica. 2da edición. McGraw-Hill Interamericana. 906 p.

Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C., Stalpers, J. A. 2001. Dictionary of the fungi. CABI Publishing. 655 p.

Liu, Y. J. and Hall, B. D. (2004) Body plan evolution of ascomycetes, as inferred from an RNA polymerase II phylogeny. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA. 101: 4507-4512.

Méndez Estrada, V. H. y Monge Nájera, J. (2011) El uso de los líquenes para evaluar el estado de la contaminación atmosférica a nivel mundial. Biocenosis. 25 (1.2): 51-67.

Nash III, T. H. (2008). Lichen Biology, Cambridge University Press. New York City. Pp 130

Spribille, T., Tuovinen, V., Res, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, M.C., et al. (2016) Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. Science, 353(6298): 488-492