

SIGNIFICACION, RESULTADOS Y POSIBILIDADES DE LA LIQUENOLOGIA

por el prof. dr. GERHARD FOLLMANN
Jefe del Laboratorio de Fisiología
Celular de la Escuela de
Agronomía

El Dr. GERHARD FOLLMANN, profesor contratado por la Universidad de Chile, estudió ciencias naturales en las Universidades de Marburg, Innsbruck y Braunschweig. Realizó investigaciones en los Institutos de Biología Marina de Split y Mónaco. Actuó como asesor científico en el Instituto de Virusserología del Centro de Investigaciones Agrícolas y Forestales de la República Federal de Alemania de Braunschweig. Sus especialidades son fisiología celular de las algas, patología de las plantas cultivadas y sociología de los líquenes. Fuera de numerosos artículos sueltos en revistas especializadas ha publicado los siguientes libros: "Zellforschung (Investigaciones sobre Células)", München (1958); "Einführung in die Flechtenkunde (Introducción a la Lichenología)", Stuttgart (1960); "Flechtenleben (La Vida de los Líquenes)", München (1960).



Fig. 1. Un líquen fruticuloso (*Ingaderia pulcherrima* DARB.) sobre espinas de cactáceas columnares (escala 2 : 1)

Cuando se discute la posibilidad de existencia de seres vivientes en Marte, surgen los líquenes como eventuales pobladores de este planeta. Estos vegetales, que constituyen los menos exigentes, son capaces de conquistar los lugares de nuestra tierra más inhóspitos a la vida: las más altas y borrascosas cumbres de las montañas, picachos rocosos, que apenas emergen del hielo eterno en las regiones cercanas a los polos, rocas en el desierto, que el sol calienta a tal extremo, que es imposible tocarlas. Otras especies de líquenes crecen en arenas estériles y en tierra vegetal, y hasta se les encuentra sobre vidrio, porcelana, fierro, huesos y espinas. Por mucho tiempo se creyó que los líquenes constituyeran un grupo vegetal unitario incluido en el reino de las criptógamas al igual que algas y musgos y respecto a su grado de desarrollo, ubicado aproximadamente entre ambos grupos. Sin embargo, gracias al perfeccionamiento de la anatomía vegetal microscópica, los botánicos alemanes HEINRICH ANTON DE BARY y SIMON SCHWENDENER, descubrieron independientemente entre sí, que los líquenes presentan una cu-

riosa dualidad, la que debe su origen a la *asociación de hongo y alga*; en cambio, se diferencian de sus partes asociables, componentes individuales o libres en cuanto a su forma, modo de vida y productos del metabolismo.

La doctrina de la asociación ha sido refutada al cabo de pocos años por algunos investigadores en líquenes los cuales creyeron poder afirmar que las hifas fungosas (micobiontas) del cuerpo del líquen, originaban las células de algas (ficobiontas) como órganos reproductores asexuales (gonídios). Sin embargo, la exactitud de la teoría de la asociación pudo ser comprobada intachablemente en forma definitiva al lograrse separar el hongo líquénico del alga líquénica, cultivarlos aisladamente, después volverlos a unir logrando de este modo obtener hasta "líquenes sintéticos", que no aparecen en el medio natural.

La formación del cuerpo frutal en el líquen es función privativa del hongo. Por el contrario las células de las algas se reproducen —salvo raras excepciones— por división binaria. De ahí que algunos taxónomos pretendiesen negarle su autonomía a los líquenes colocándolos a la misma altura de los hongos. Pero una de las características primordiales de los hongos es su falta de clorofila y con esto su incapacidad de aprovechar el anhídrido carbónico, el agua y la luz solar para la fotosíntesis. Por esta causa, los hongos están obligados a vivir en forma de saprófitos o parásitos de la materia orgánica sintetizada por otros seres vivientes (heterotrofia). La asociación con las algas, poseedoras de clorofila, no obstante elevó otra vez a los hongos líquénicos a organismos independientes (autotrofia). Esta asociación condujo entre otras cosas al gran polimorfismo de los líquenes, fenómeno que no se observa en ningún

Fig. 2. Un líquen crustáceo (*Rhizocarpon geographicum* (L.) DE CAND.) sobre rocas silíceas (escala 3 : 1)



hongo. Las asombrosas capacidades que poseen los líquenes derivan de la *suma de las posibilidades de hongos y algas*.

Tales consorcios simbióticos no son únicos en el reino vegetal: así, por ejemplo los unicelulares incoloros glaucófitos, que incluyen como sustituto permanente de agente colorante algas azules en su cuerpo celular (endocianosis); bacterias aerobias que viven en aguas con deficiencia en oxígeno, agrupados en colonias con proveedores de oxígeno como son las nitrobacteriáceas; algas verdes y leguminosas se asocian con las rizobiáceas, fijadores de nitrógeno atmosférico en medios deficientes de nitrógeno; hongos de la rizosfera, los actinomicetales, participan en el suministro de sustancias minerales de los árboles forestales, a través de aprovechamiento de compuestos fosfóricos; e infecciones fungosas facultan muchas veces a las semillas de las orquídeas la germinación suministrándoles hidratos de carbono, sin embargo, no sin obtener como contrapartida diferentes ventajas, ora la facilitación de medio de vida protegido en nódulos radiculares (micorriza), ora en el abastecimiento de importantes sustancias semielaboradas (celulosa). También las algas líquenicas obtienen varias ventajas debido a la asociación, porque los hongos líquenicos les sirven como cuerpos almacenadores de agua (hifas acuíferas), facilitando a través de la disolución de la base de sustentación mediante sustancias activas (ácidos líquenicos), la absorción de nutrientes, regulan la intensidad de la luz por medio de pelos protectores, grosor de corteza y filtración coloreada de la luz; en cambio, los hongos líquenicos absorben muchos productos de reserva. Según esto, la unión entre el hongo y el alga es muy íntima. A menudo los filamentos fúngicos portan células de alga con forma de baya, cuyas paredes celulares han sido disueltas en los acoplamientos, o las hifas fungosas las rodean en forma de malla densa, mientras que otras provistas de órganos succionadores especiales se introducen profundamente en el cuerpo del alga (células haustóricas). Esta constante explotación lleva a una rápida muerte progresiva de las células de alga. Parece, pues, que la ayuda recíproca en los líquenes está distribuida desigualmente; por eso, en muchos casos no se deben considerar como verdaderas "asociaciones de reciprocidad"; más propiamente, las algas líquenicas hacen de "animales domésticos" de los hongos líquenicos (helotismo).

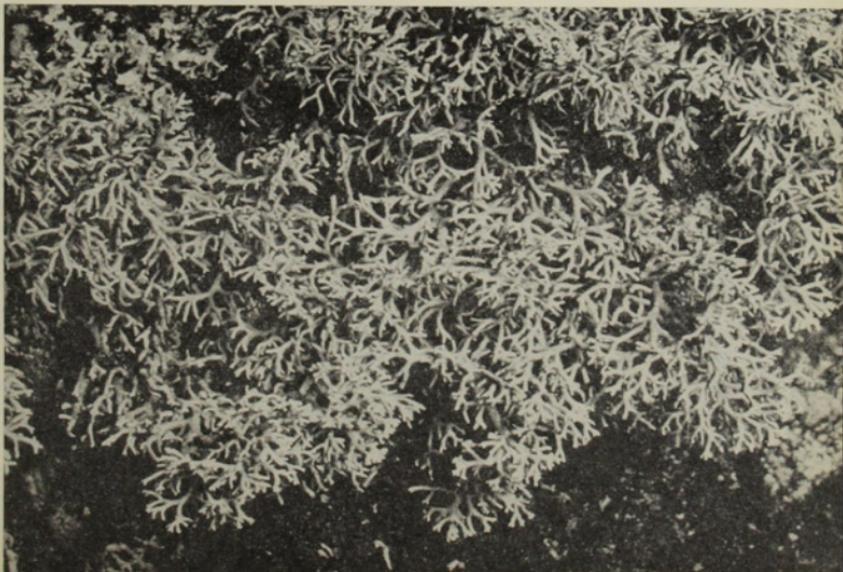
En los líquenes gelatinosos primitivos (mixolíquenes) las algas todavía se encuentran ubicadas en forma irregular entre el tejido fungoso (homomería). En los líquenes foliosos (filolíquenes) y líquenes fruticulosos (tamnolíquenes [figs. 1, 4, 5]) más evolucionado que los anteriores, en cambio, alcanzan una estructura de talo que se asemeja a la estructura de las fanerógamas, dividida en raíz, tallo y hoja (heteromería). Por regla general sólo participa una especie de alga en la constitución del líquen. A veces, no obstante, se asocia al alga verde (clorofícea) un alga azul (cianofícea) que se ubica en protuberancias verrugosas (cefalodios). Por otra parte en los líquenes de la familia usneácea, por ejemplo, sucede que participa además un segundo hongo en la asociación. Sus hifas se introducen entre las del hongo principal, desarrollando sus propios cuerpos frutales punctiformes. En estos casos se originan trisimbiosis.

¿Cómo es posible, sin embargo, que los líquenes se radiquen en las tan inhóspitas superficies rocosas? Como ejemplo nos servirá el "líquen geográfico" (*Rhizocarpon geographicum* [L.] DE CAND.), así llamado por las areolas del talo que tienen cierta semejanza con las divisiones de un mapa geográfico: El hongo líquenico genera ascósporas que son depositadas por la acción del viento en minúsculas grietas de las rocas. De estas esporas germinantes salen primeramente, cuando las condiciones respectivas de humedad y temperatura le permiten, pequeños tejidos fungosos negros (protalos) que extienden hifas en todas direcciones, con el objeto de ponerse en contacto con algas. Una vez encontrada el alga de asociación, se desarrolla el



Fig. 5. Un líquen fruticoso (*Cladonia deformis* HOFFM.) sobre tierra vegetal (escala 3 : 1)

Fig. 6. Un líquen arbustiforme (*Sphaerophorus fragilis* [L.] PERS.) sobre bloques de granito (escala 5 : 1)



primer "cuadro del mapa", que luego se tiñe de amarillo debido al ácido rizocarpónico que produce el líquen. Numerosos cuadros que se originan sobre la negra base fungosa confluyen finalmente en la corteza del talo.

Este proceso es sumamente lento a causa de la escasez de sustancias nutritivas. Se extiende a través de un lapso muy prolongado. Por ejemplo, para alcanzar la dimensión de un centímetro cuadrado en su base de sustentación el "líquen geográfico" precisa 60 años. ¡Según esto el lector puede estimar la edad verdaderamente asombrosa del mosaico de líquenes reproducido a continuación (fig. 2)! Con varios miles de años de edad sobrepasan hasta a los árboles gigantes más viejos. Con esto no sólo constituyen indicadores muy valiosos en el estudio del desarrollo evolutivo de la vegetación, sino que también pueden ser utilizados para proporcionar información sobre la historia geológica más reciente. Así se puede seguir el retroceso de los ventisqueros hasta el período glacial, al estudiar el crecimiento de líquenes en las morrenas circundantes mediante la *líquenometría* desarrollada por el líquenólogo canadiense ROLAND BESCHEL. Además, los líquenes sirven para determinar exactamente la edad de las construcciones prehistóricas.

Debido a que el hongo líquénico solamente produce esporas que recién después de germinar, entran en una nueva relación simbiótica, muchos hongos han perdido totalmente la capacidad de producir cuerpos frutales. Para ellos la reproducción vegetativa a base de fragmentos de talo o por fascículos de algas envueltos en hifas fungosas (*soredios*) es la única posibilidad de procrearse.

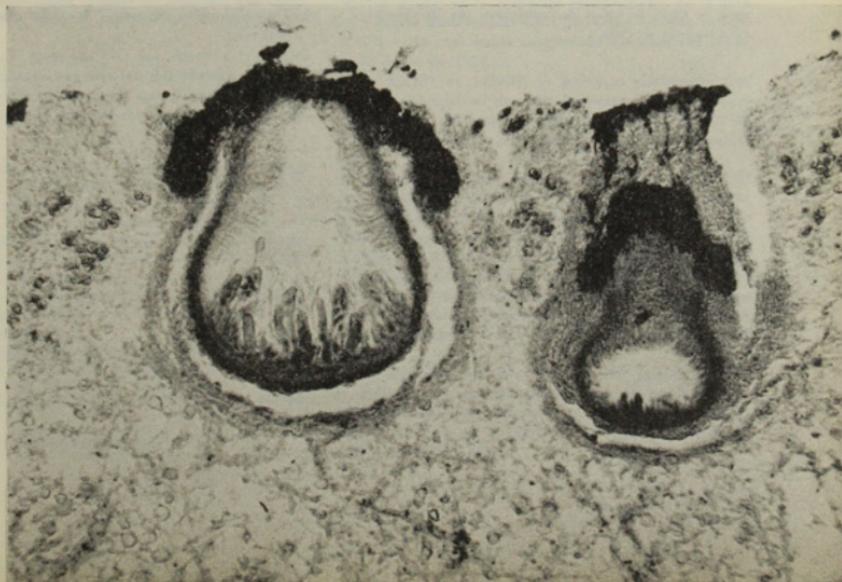
Para facilitar el establecimiento, los líquenes poseen sustancias específicas cuyas propiedades fueron esclarecidas preponderantemente por los farmacólogos alemanes ERICH HESSE y FRIEDRICH WILHELM ZOPF a fines del siglo pasado. Ya la química aplicada a la agricultura moderna se aprovecha de las cualidades de las sustancias líquénicas, de "hacer digerible" los compuestos nutritivos insolubles del subsuelo. Desde que el microbiólogo japonés FAYO FUZIKAWA encontró *antibióticos en extractos obtenidos de líquenes* tales como el ácido usnínico, cuya acción inhibitoria sobre microorganismos patógenos en casos aislados, es hasta superior a la penicilina y estreptomieina, esta rama de la investigación ha tomado nuevamente un fuerte incremento. Según esto, de ningún modo es una casualidad que pueblos primitivos como los araucanos en el sur de Chile, hayan utilizadolas "barbas de viejo" (*Usnea ceratina* ACH.) que contiene ácido usnínico, para el tratamiento externo de heridas y para el tratamiento interno como expectorante contra la tuberculosis. Algunas sustancias de los líquenes también tienen propiedades viricidas.

En los siglos pasados, se empleaban preponderantemente colorantes obtenidos de líquenes en la industria textil para el teñido de paños. Ellos son también la materia básica para la sustancia indicadora tornasol. En tiempos de escasez, también se emplearon líquenes como alimento para el hombre y para los animales. El maná bíblico probablemente lo constituyeron líquenes ricos en almidón (líquenina). Pero estas aplicaciones ya han quedado atrás; en cambio la líquenología ha ganado una importancia cada vez mayor para la *sociología vegetal aplicada*, pues a base de su mínimo crecimiento anual y su alta propiedad para elegir determinados sustratos donde desarrollarse, los líquenes son especialmente apropiados para indicar condiciones climáticas y del medio permanentes. Algunos líquenes, o asociaciones compuestas de numerosas y difícilmente diferenciables especies de líquenes pueden servir como *indicadores biológicos* de suelo muy efectivos, haciendo las veces de fotómetro, evaporímetro, higrómetro y anemómetro.



Fig. 4. Un líquen folioso (*Cora pavonia* Fries) de los bosques tropicales (escala 1 : 1)

Fig. 3. Cuerpos frutales (peritecios) de un líquen que crece incrustado en las rocas calcáreas (*Protobaglettoa parmigera* SERV. escala 800 : 1D)



Frente a las 17.000 especies de líquenes conocidas hasta la fecha, existen unas 170.000 especies de plantas superiores, lo que da una relación de 1 : 10. En las regiones tropicales con su riqueza extraordinaria de fanerógamas, esta relación, que se conoce con el nombre de *coeficiente de líquenes*, establecido por el liquenólogo alemán FRITZ MATTICK, a menudo disminuye; aumentando no obstante, rápidamente al acercarse a las regiones polares y al elevarse a alturas cada vez mayores sobre el nivel del mar. De ahí que el coeficiente de líquenes puede ser empleado como indicador explicativo de las características geobotánicas de una región.

Considerando los múltiples problemas esbozados por la liquenología, resulta incomprensible la poca extensión que se dedica a ella. Pues en el mundo de los líquenes, se descubre después de una observación detenida, una riqueza de formas que resiste cualquiera comparación con las plantas superiores, pero que les es ampliamente superior respecto a su refinado metabolismo vital. La razón por la cual se ha descuidado la liquenología, se encuentra en la sistemática que al establecer innumerables y difícilmente diferenciables subespecies, variedades y formas morfológicas —especialmente en líquenes crustosos (figs. 2, 3)— dificulta desde un principio el reconocimiento y con esto la penetración de esta especialidad. Prácticamente casi no existe una denominación vulgar precisa en lengua castellana para las diferentes especies de líquenes. Las posibilidades de la liquenología aquí expuestas, sin embargo, justifican un estudio más intensivo de los líquenes. Promete fuera de numerosos resultados prácticos, más de algún descubrimiento sobre las relaciones de los microorganismos entre sí.

En el nuevo Laboratorio de Fisiología Celular instalado por el autor, en la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile, se tratará de experimentar entre otras cosas, con líquenes indicadores chilenos, de los cuales se extraerán antibióticos, viricidas y compuestos para el mejoramiento de tierras. Además, bajo el auspicio de la Rectoría de la Universidad de Chile y en colaboración con el Museo Nacional de Historia Natural de Chile y el Departamento de Zoología Ecológica de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile, se tratará de confeccionar una introducción a la flora líquénica de Chile.

Bibliografía:

- ABBAYES, H. DES: Traité de lichenologie. Paris (1951).
QUISPEL, A.: Lichens. Handb Pflanzenphysiol. (Berlin) **11**, 577 (1959).
SCHAEDER, R.: Die pflanzlichen Symbiosen. Jena (1943).
SHIBATA, S.: Especial compounds of lichens. Handb. Pflanzenphysiol. (Berlin) **10**, 560 (1958).
TOBLER, F.: Biologie der Flechten. Berlin (1925).
ZAHLEBRUCKNER, A.: Catalogus lichenum universalis. Leipzig (1922-1940).