

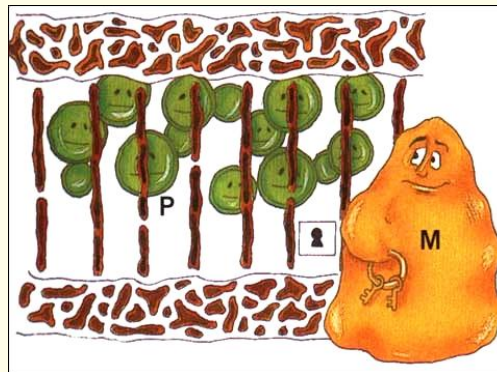
# Líquenes: que son y su uso como bioindicadores

*P. Cubas, J. Núñez, A. Crespo y P.K. Divakar*

## ¿Qué son los líquenes?

Los líquenes son unos seres vivos peculiares. En realidad no son organismos individuales sino que se forman por la asociación de hongos y algas verdes (o cianobacterias=algas verde-azuladas). Ambos organismos viven en una estrecha asociación simbiótica mutualista, es decir, con beneficio mutuo. El hongo, denominado **micobionte**, es heterótrofo por lo que necesita tomar compuestos orgánicos elaborados para nutrirse. El alga (**ficobionte**) es capaz de hacer fotosíntesis y produce hidratos de carbono a partir de CO<sub>2</sub> y agua. Los hongos capaces de asociarse con algas para formar líquenes son principalmente del grupo de los ascomicetes (y unos pocos basidiomicetes), mientras que las algas pueden ser algas verdes (clorófitos) o cianobacterias (antes llamadas algas azul-verdosas).

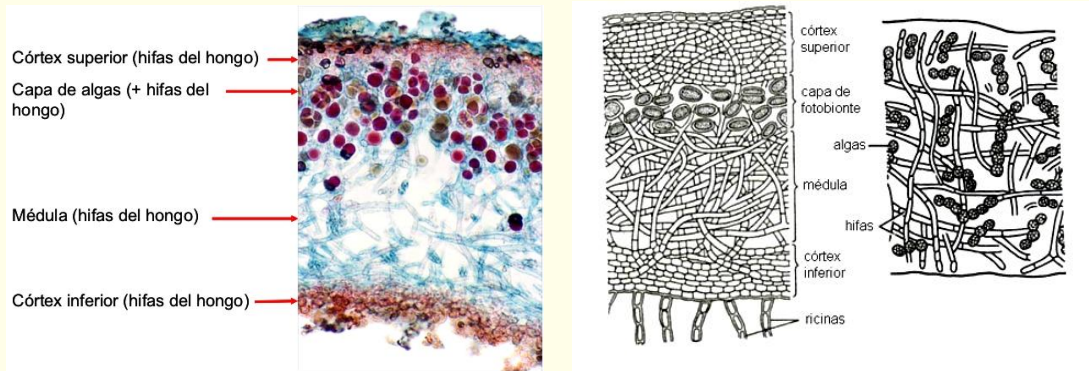
El cuerpo vegetativo del líquen (**talo**) está constituido en su mayor parte por tejido fúngico (**hifas**) que rodean a las células algales. El hongo proporciona al simbionte algal un medio ambiente favorable que le permite realizar la fotosíntesis y a la vez le protege de la radiación excesiva o peligrosa. Además le asegura una adecuada hidratación al tiempo que permite el paso del CO<sub>2</sub> en los periodos fotosintéticamente activos. El hongo por su parte aprovecha gran parte de los nutrientes producidos en la fotosíntesis por el alga, asegurándose así una importante fuente de alimento. De este modo ambos organismos se benefician de vivir en asociación. El éxito de los hongos con este modo de vida simbiótica (formando líquenes) queda puesto de manifiesto si se considera que unas 15000 especies de hongos (aproximadamente la quinta parte de las especies conocidas) forman líquenes. Sin embargo solo unas pocas especies de algas participan en esta simbiosis.



*Los tejidos del hongo (micobionte, M) encierran las células algales (ficobionte, P)  
¿Simbiosis o parasitismo del hongo?*

En la mayoría de los líquenes (**líquenes heterómeros**), el hongo construye la mayor parte de los tejidos estructurales y forma una serie de capas bien definidas (córtex superior, médula y córtex inferior) constituidas por las hifas del hongo. Las células del alga verde, rodeadas por hifas, forman una capa (capa algal) por debajo del córtex superior.

Otros líquenes en los que el ficobionte es una cianobacteria no tienen una organización tan estructurada y el alga está distribuida de forma más o menos homogénea por toda la sección del cuerpo vegetativo del líquen (**líquenes homómeros**).



*Sección transversal y esquema del cuerpo vegetativo de un líquen heterómero (izquierda y centro) y corte esquemático de un líquen homómero (derecha).*

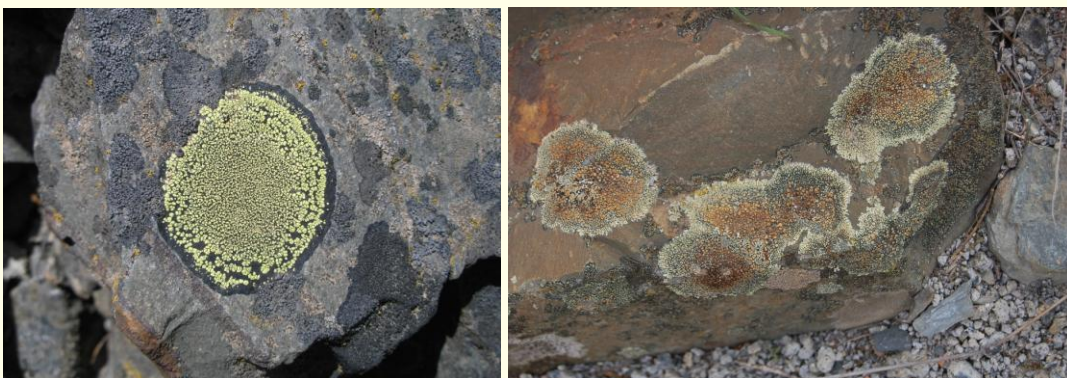
Los líquenes viven en casi todos los hábitats terrestres desde los trópicos a las regiones polares, creciendo sobre sustratos muy diversos. Los más comunes crecen sobre la corteza de los árboles o de otras plantas (líquenes **epifitos**) o sobre rocas (**saxícolas**). Algunos son capaces de colonizar los suelos desnudos (líquenes **terricolas**), y unos pocos son capaces de vivir dentro de las rocas (líquenes **endolíticos**).



*Ejemplos de líquenes epifitos (izquierda) y saxícolas (derecha)*

Como ya se ha indicado la mayor parte del líquen está constituido por el hongo pero la relación entre los dos organismos es lo que determina la forma y el tipo de desarrollo del líquen. Son muy variados en cuanto a su tamaño, forma y color (debido a la presencia frecuente de diversos metabolitos secundarios). En función de la morfología general se distinguen varios tipos morfológicos o biotipos. Los más frecuentes son:

1) Líquenes en forma de costra (**crustáceos**) fuertemente unidos al sustrato. Carecen de córtex inferior y no se pueden separar del sustrato sin romperlos.



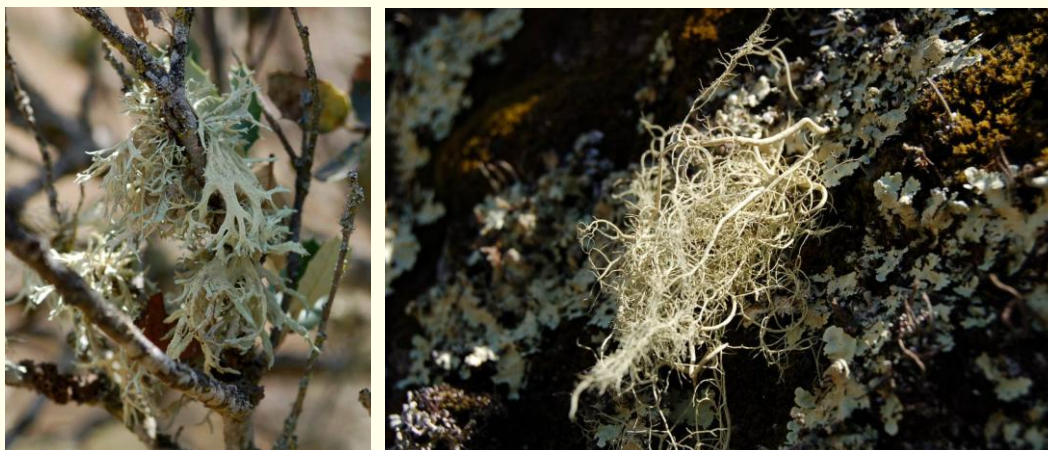
*Líquenes crustáceos*

2) Líquenes en forma de hoja (**foliáceos**), sólo parcialmente unidos al sustrato por lo que se pueden separar con facilidad de él. Con córtex inferior diferenciado y en ocasiones ricinas o rizomorfos.



*Líquenes foliáceos.*

3) Líquenes en forma de diminutos arbustos ramificados (**fruticulosos**), que sólo contactan con el sustrato por una pequeña zona.



*Líquenes fruticulosos*

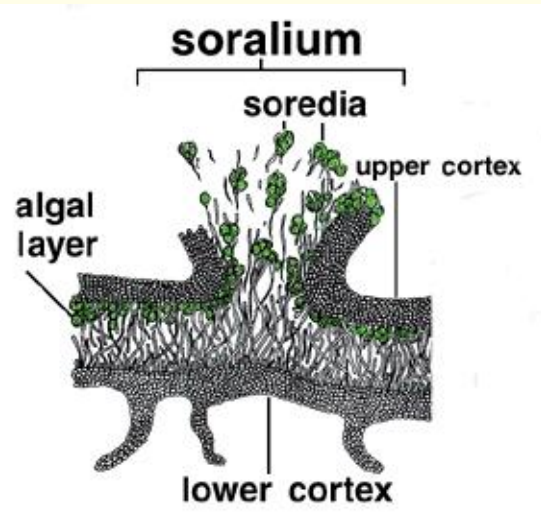
Un biotipo particular es el llamado **compuesto** con una parte basal en forma de escamas (escumulosa) y una parte erguida (podocios).



*Liquen de biotipo compuesto*

Los líquenes se propagan de forma asexual mediante la formación de unas estructuras denominadas **soredios** e **isidios**. Estas estructuras contienen células algales englobadas en masas de hifas, se desprenden del talo y dan lugar a nuevos líquenes. Ambas estructuras pueden diferenciarse fácilmente:

1) Los soredios no presentan córtex por lo que se observan como masa pulverulentas que salen del interior del talo por áreas determinadas (**soralios**)



*Aspecto externo (izquierda) y esquema anatómico de los soredios (soredia) mostrando la interrupción del córtex superior (upper cortex) en la zona del soralio (soralium).*



*Distintos tipos de soredios (imágenes <http://uklichens.co.uk/whatarelichens.html>)*

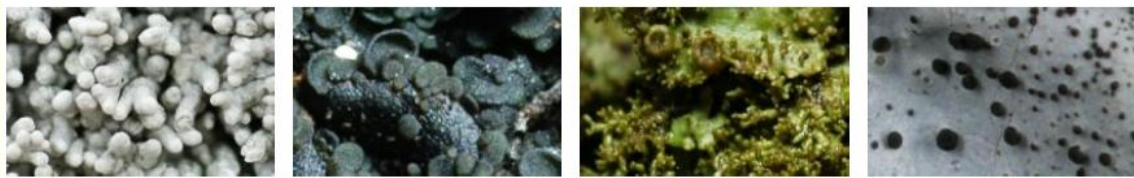


*Ejemplo de líquen foliáceo con soredios blancucinos.*

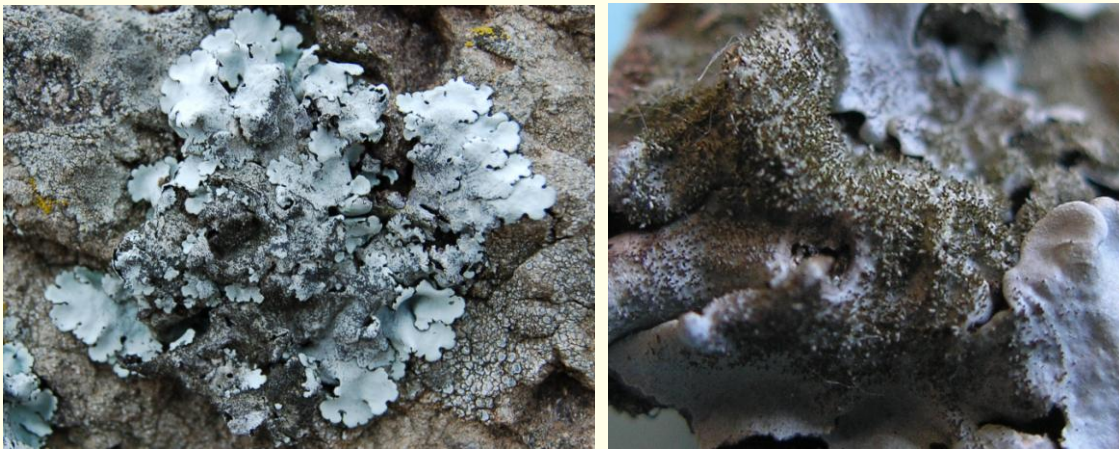
2) Los isidios presentan córtex y en muchas ocasiones están pigmentados.



*Aspecto externo (izquierda) y esquema anatómico de los isidios (derecha) mostrando la continuidad del córtex en la zona del isidio.*



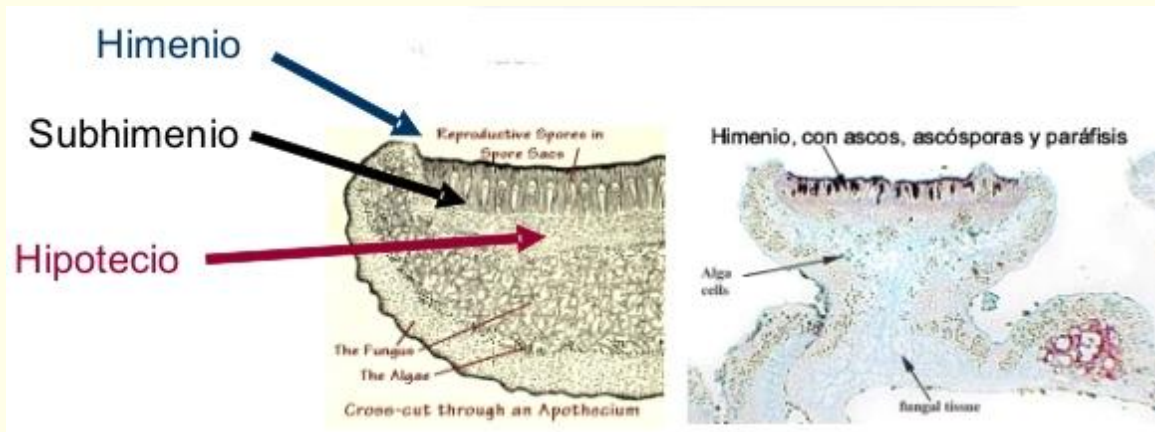
*Distintos tipos de isidios (imágenes <http://uklichens.co.uk/whatarelichens.html>)*



*Ejemplo de líquen foliáceo con isidios de color oscuro.*

El hongo es capaz reproducirse sexualmente y formar esporas, pero el alga no se reproduce sexualmente. Las esporas del hongo tienen que germinar, encontrar células del alga adecuada y asociarse a ellas para formar un nuevo líquen. Las estructuras reproductoras (ascomas) más comunes y fácilmente observables de los hongos ascomicetes se denominan **apotecios**, y tienen la forma de un pequeño disco o plato. En el interior del apotecio se encuentran las esporas dentro de unas células denominadas ascas que constituyen la capa fértil (**himenio**).

En muchos casos la identificación precisa de un líquen requiere la observación de los ascomas y sobre todo de las esporas contenidas en el interior de las ascas. Dos tipos comunes de apotecios son los denominados **lecanorinos**, que presentan un borde propio semejante al resto del talo, y los llamados **lecideinos** que carecen de borde.



Sección transversal de un apotecio, mostrando la posición del himenio (capa fértil que contiene esporas dentro de ascas)



A la izquierda apotecios lecanorinos (con borde propio) y a la derecha apotecios lecideinos sin borde propio



L

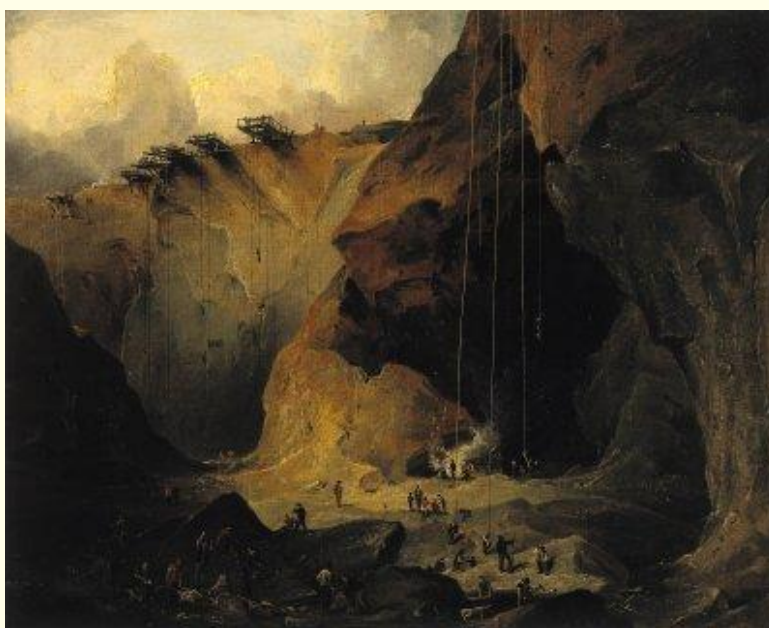
Liquen fértil, con talo de color gris y apotecios marrones con borde claro

Para identificar un líquen hay que observar la morfología general del ejemplar (biotipo, color del talo en ambas caras, rizinas, tamaño de los lóbulos, etc.), de las estructuras de multiplicación (isidios y soledios) y de las estructuras reproductoras (color y forma de los apotecios). En muchos casos la identificación precisa requiere la observación al microscopio de estructuras como esporas y ascas. En algunos casos también se requiere realizar pruebas químicas que detectan la presencia de algunos compuestos específicos de los líquenes y que ayudan a identificarlos.

## Líquenes como bioindicadores de contaminación

Los líquenes pueden emplearse como bioindicadores de contaminación debido a que tienen mecanismos muy eficientes para absorber el agua y los nutrientes de la atmósfera a través de toda su superficie. Si el medio está contaminado junto con los nutrientes absorben los contaminantes y los acumulan en su interior.

La sensibilidad de los líquenes a los niveles de  $\text{SO}_2$  es un hecho conocido desde hace muchos años y es así que desde la industrialización muchas especies de líquenes se han extinguido en grandes zonas, debido en gran medida a la contaminación por dióxido de azufre. En este contexto, uno de los primeros en darse cuenta del fenómeno fue el abuelo de Darwin (**Erasmus Darwin**), que notó la ausencia de líquenes en las inmediaciones de las fundiciones de sulfuros de Cu, Zn y Pb de la mina de **Parys Mountain** (País de Gales).



La mina de cobre, plomo, zinc de Parys Mountain en 1803.  
<http://www.amlwchhistory.co.uk/parys/paintings.htm>

Sin embargo, no todas las especies de líquenes se ven afectadas por igual. Por ejemplo, de acuerdo a Richardson (1988), *Lecanora conizaeoides* puede soportar concentraciones de hasta  $150 \mu\text{g m}^{-3}$  de  $\text{SO}_2$ , mientras que para *Parmelia caperata* y *Usnea* estos límites son de 40 y  $30 \mu\text{g m}^{-3}$  de  $\text{SO}_2$  respectivamente. De acuerdo al mismo autor, otro estudio más reciente en Irlanda revelaba que los límites para *Lecanora conizaeoides* eran aún más bajos, en el orden de  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  de  $\text{SO}_2$ , mientras que los de *Parmelia caperata* y *Ramalina fastigiata* eran de 20-30 y  $10 \mu\text{g m}^{-3}$  de  $\text{SO}_2$  respectivamente.

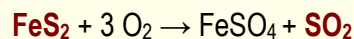
En este contexto la minería puede ser dañina para los líquenes en dos vertientes, una guarda relación con:

- Con los residuos (balsas) de la concentración de minerales sulfurados por gravedad o flotación. Estas balsas suelen ser ricas en piritita ( $\text{FeS}_2$ ), un mineral que es rechazado en el proceso concentrador y por lo tanto queda enriquecido en términos relativos en los residuos.
- La fundición de especies metalíferas sulfuradas.

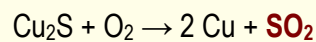
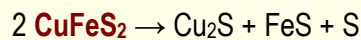


*Izquierda, antigua balsa en San Quintín Este desde donde se desprende dióxido de azufre. A la derecha se puede observar la fundición de cobre de Chuquicamata (Chile) en el año 1984, cuando las chimeneas enviaban a la atmósfera toneladas de SO<sub>2</sub>.*

En relación al primer caso, es relativamente fácil saber si una antigua balsa está liberando SO<sub>2</sub>, ya que este gas, aunque incoloro, posee un olor penetrante similar al de las cerillas recién encendidas. La oxidación de la pirita (FeS<sub>2</sub>) es una reacción exotérmica que produce cerca de 1440 kcal de calor para cada mol de pirita oxidado (Yanful et al., 1999). La reacción de oxidación la podemos expresar de una manera simple como (Ferrow et al., 2005):



Por su parte, en el caso de las fundiciones de sulfuros de cobre (u otros metales), el proceso esquemático (fusión y conversión de calcopirita) es:



Así, tanto en el caso de las balsas como de las fundiciones, el producto final es el dióxido de azufre, lo que se traduce en una pérdida en la diversidad líquénica en el área afectada.

Los líquenes pueden usarse como bioindicadores de dos maneras:

- 1) Realizando listados detallados de las especies presentes en cada localidad, cuantificando su abundancia y construyendo tablas de presencia-ausencia. Esto permite establecer las especies más tolerantes y las menos tolerantes. Requiere la identificación de las especies en el campo con suficiente precisión.
- 2) Toma de muestras de una o dos especies sistemáticamente en todas las localidades de interés. Análisis químicos de las concentraciones de distintos elementos y/o análisis de actividad de los líquenes (fotosíntesis, intercambio de CO<sub>2</sub>, etc.) para poder comparar los niveles de concentración de los elementos y de la vitalidad líquénica en las distintas estaciones. Requiere conocer bien unas pocas especies, y mucha paciencia para recoger suficiente número de muestras, limpiarlas, procesarlas,...., además de la infraestructura necesaria para los análisis.

Algunas de las ventajas del uso de líquenes como bioindicadores residen en que:

- 1) Son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año, y son capaces de vivir en muy distintos medios (rurales, urbanos, industrializados).
- 2) Al ser de naturaleza simbiótica, si cualquiera de los simbiosomas se ve afectado por un contaminante, el líquen en conjunto se ve afectado.



- 3) Son relativamente longevos, permaneciendo expuestos al efecto nocivo por largos períodos, por lo que proporcionan una imagen de estados crónicos y no de variaciones puntuales del medio ambiente.
- 4) Asimismo, algunos líquenes tienen requerimientos ecológicos restringidos o rangos de dispersión limitados. Estas particularidades hacen a los líquenes especialmente sensibles a los cambios del hábitat y del medio ambiente, lo que hace que sean ampliamente utilizados como biomonitores en diferentes ecosistemas.
- 5) Como se indicó anteriormente, otra ventaja que poseen los líquenes para ser utilizados como bioindicadores de lectura inmediata se basa en que los trabajos pueden ser realizados sin la identificación de todas las especies presentes en un lugar, basta seleccionar unas pocas especies fácilmente discernibles a simple vista o con la ayuda de una lupa de campo. Esto último constituye un factor importante, ya que la falta de entrenamiento para la identificación es el principal problema en la realización de este tipo de investigaciones.

En el caso de las minas de San Quintín, los líquenes pueden ser útiles ya que son muy sensibles a la contaminación por dióxido de azufre en el aire ya que este gas se absorbe y acumula rápidamente en el talo. El alga del liquen es la parte más afectada, ya que la clorofila se destruye y por lo tanto la fotosíntesis se inhibe. Además los líquenes también absorben el dióxido de azufre disuelto en el agua. Estas relaciones para San Quintín se estudian en la siguiente sección ([Diversidad Liquélica en San Quintín Este](#)).

*Para saber más:*

- Ferrow, E.A., Mannerstrand, M. y Berg, B.S. 2005. Reaction Kinetics and Oxidation Mechanisms of the Conversion of Pyrite to Ferrous Sulphate: A Mössbauer Spectroscopy Study. *Hyperfine Interactions*, 163: 109-119.
- Hawksworth, D.L. y Rose, F. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, 227: 145-148.
- Hawksworth, D.L., Iturriaga, T. y Crespo, A. 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22: 71-82.
- Nash, T.H. III (ed.) Lichen Biology. Cambridge University Press. 486 pp.
- Purvis, W. 2000. Lichens. The Natural History Museum. 112 pp.
- Richardson, D.H.S. 1988. Understanding the pollution sensitivity of lichens. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 96: 31-43.
- Sanders, W.B. 2001. Lichens: The interface between mycology and plant morphology. *BioScience*, 51: 1025-1034.
- Yanful, E.K., Simms, P.H. y Payant, S.C. 1999. Soil covers for controlling acid generation in mine tailings: A laboratory evaluation of the physics and geochemistry. *Water, Air, and Soil Pollution*, 114: 347-375.

**[Volver al Documento Principal](#)**