
IMÁGENES Y PALABRAS, UNA DUALIDAD DINÁMICA DE LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

MIGUEL ULLOA

Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado Postal 70-233, México, D. F. 04510
mulloa@ibiologia.unam.mx

ABSTRACT

IMAGES AND WORDS, A DYNAMIC DUALITY FOR SCIENTIFIC COMMUNICATION. Rev. Mex. Mic. 13: 12-27 (1997). This communication deals with a topic which has always attracted the interest of the author: the usage of *images* and *words* in human communication, particularly in his scientific endeavour. It presents some historical and anthropological data in order to point out briefly that images, expressed in the way of sculptures, engravings, and paintings, are as old as man itself, much older than communication by means of writing. The core of the work focuses on the evolution undergone by the duality images-words in the mycological field; it does not pretend to cover the whole theme, but gives information about the first naturalistic illustrations of fungi, the development in drawing and printing techniques, the surging of instruments as fundamental as the microscope and telescope, which allowed a better observation by naturalists and scientists, and the invention of photography, advances that produced a tremendous impact in the development of both microbiology and mycology. Along the technical progress related with the observation, registration, and interpretation of images, it was created an extense terminology used to transmit this scientific knowledge.

Key words: images, words, scientific communication.

RESUMEN

Esta comunicación aborda un tema que siempre ha atraído el interés del autor: el empleo de *imágenes* y *palabras* en la comunicación humana, particularmente en el quehacer científico de su competencia. Presenta algunos datos de carácter histórico y antropológico para señalar de manera somera que el recurso de la imagen plasmada, en la forma de escultura, grabado o pintura, es tan antiguo como el hombre mismo y muy anterior a la comunicación por medio de la escritura. La parte medular del trabajo se enfoca a la evolución que ha sufrido la dualidad imágenes y palabras en el ámbito micológico; sin pretender abarcar todo el tema, presenta información sobre las primeras ilustraciones naturalistas de hongos, el desarrollo de las técnicas de ilustración e impresión, la aparición de instrumentos tan fundamentales como el microscopio y el telescopio, que aumentaron la capacidad de observación por los naturalistas y científicos, y de técnicas tan valiosas como la fotografía, adelantos que repercutieron de manera trascendental en el avance de la microbiología y de la micología. A lo largo del progreso técnico relacionado con la observación, el registro y la interpretación de imágenes se fue creando una extensa terminología relacionada con la transmisión de este conocimiento científico.

Palabras clave: imágenes, palabras, comunicación científica.

Conferencia Magistral presentada el 15 de octubre de 1997, durante el Sexto Congreso Nacional de Micología, realizado en Tapachula, Chiapas, México.

Sería difícil precisar qué tan antiguo es el uso de *imágenes* y *palabras* en la comunicación humana, pero es probable que las palabras habladas, o por lo menos los sonidos que paulatinamente dieron lugar a las palabras, fueron empleadas por los primeros

hombres antes de que éstos plasmaran en imágenes esculpidas, moldeadas o pintadas, cualquier modo de expresión gráfica para transmitir sus emociones, inquietudes, creencias y conocimientos. Hace 65 años, en un abrigo rocoso en la Dordogne, Francia, se des-

cubrió una placa de asta de reno que puede contener una de las más antiguas anotaciones significativas hechas por el hombre. Según una discutida teoría propuesta por Alexander Marshack, investigador del Museo Peabody, de Harvard, las enigmáticas señales del asta constituyen un registro de las fases de la Luna, hechas por un hombre de Cro-Magnon. El examen microscópico de la placa reveló que las señales habían sido marcadas una a una en diferentes ocasiones durante un largo período de tiempo y con distintos instrumentos y variadas presiones de los mismos. Estas variaciones indicaban que la sinuosa banda de 69 señales no había sido trazada al azar en una sola sesión, sino que formaban una serie marcada deliberadamente para llevar el registro de algo, y Marshack descubrió que podían tener relación con los períodos crecientes y menguantes de la Luna. Si la teoría es correcta, esta placa indicaría que los hombres efectuaban anotaciones importantes hace más de 30000 años, 25000 años antes de que los sumerios inventaran la escritura cuneiforme.

Entre los vestigios más interesantes de las obras realizadas por el hombre de Cro-Magnon se hallan las estatuillas que los arqueólogos llaman Venus (Fig. 1), a causa de su curvilínea representación del cuerpo femenino. Se han encontrado más de 60, dispersas desde Francia hasta Siberia, y todas ellas fueron creadas hace 20000 a 30000 años; se consideran símbolos de fecundidad, y la mayoría representan la misma figura maternal, la progenitora del género humano. El retrato más antiguo (Fig. 2) fue tallado en marfil en ese mismo período.

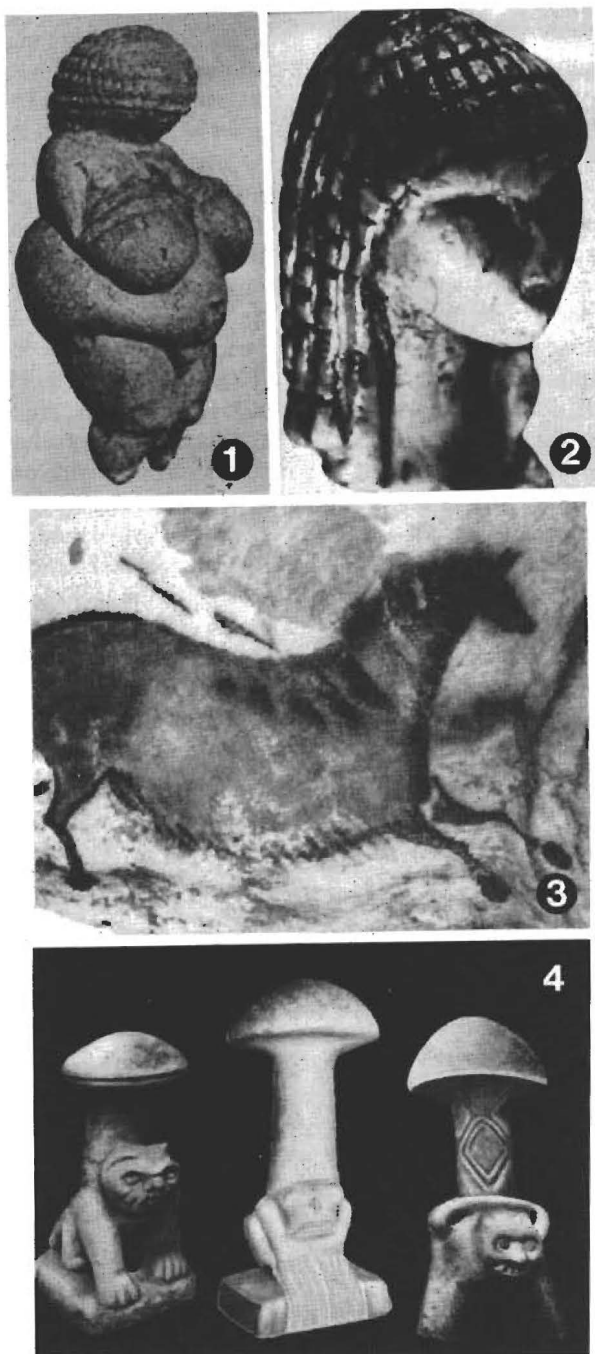
Utilizando sólo utensilios y materiales naturales, como plumas, trozos de piel, musgo o ramas mastizadas como pinceles, sopletes de caña o hueso y colores obtenidos de la tierra, el hombre de Cro-Magnon reprodujo los animales que conocía y de los cuales dependía para obtener alimentos y vestidos. Abundantes muestras de las primeras obras maestras rupestres perduran en unas 100 cuevas y abrigos rocosos de Europa. Aisladas del mundo exterior durante milenios en una oscuridad sepulcral, muchas de las *imágenes* se encuentran en tan perfectas condiciones como estaban el día en que fueron creadas. Algunas de las pinturas y grabados rupestres más notables, producidas hace más de 20000 años, están en las cuevas de Lascaux (Fig. 3), Niaux y Rouffignac en Francia, y Altamira en España.

Las culturas Mesoamericanas también representaron en imágenes los diversos conocimientos que

tenían de su entorno, tanto de los aspectos cotidianos del mundo físico como de los artísticos y religiosos del mundo espiritual. Dejaron intrigantes testimonios en jeroglíficos de códices y en esculturas, que indican su gran sabiduría de los fenómenos naturales y la profunda sensibilidad artística para expresarla, no a través de la escritura sino por medio de elocuentes imágenes. Entre los vestigios indígenas más antiguos e interesantes desde el punto de vista micológico están las estatuillas de piedra en forma de hongo que crearon los mayas de los períodos Preclásico Medio (1000-300 aC) y Preclásico Avanzado (300 aC-200 dC). Antropólogos, arqueólogos y etnomicólogos han estudiado estas esculturas de piedra en forma de hongo y han sugerido que tenían relación con el culto a los hongos alucinógenos. Muchos de los hongos de piedra se han descubierto en Kaminaljuyú, Guatemala; la mayoría tienen una base trípode, un estípote y un ápice ensanchado, a manera de píleo; otros portan en el estípote una figura geométrica o la de algún animal, como un felino, o una efigie antropomórfica, entre otras representaciones (Fig. 4).

En los párrafos anteriores se han dado algunos datos de carácter histórico y antropológico para señalar de manera somera que el recurso de la imagen plasmada, en la forma de escultura, grabada o pintada, es tan antiguo como el hombre mismo y que éste lo ha utilizado para comunicarse desde mucho antes de que lo hiciera por medio de la escritura. En el resto de la presente comunicación, y que se circunscribe a la dualidad *imágenes y palabras* en el ámbito micológico, se presenta información, sin pretender abarcar todo el tema, sobre cuáles fueron las primeras ilustraciones naturalistas de hongos que han sido halladas, cómo fueron mejorando las técnicas de ilustración e impresión de las figuras de hongos, cómo fue aumentando la capacidad de percepción de los naturalistas y científicos con la aparición de instrumentos tan fundamentales como el microscopio y de técnicas tan valiosas como la fotografía, y cómo repercutieron estos progresos en el desarrollo de la micología como ciencia, incluyendo, por supuesto, la creación de una extensa terminología relacionada con esta ciencia.

La micología tiene un origen relativamente reciente porque la adecuada elucidación de la estructura y naturaleza de los hongos sólo se pudo lograr hasta que se inventó el microscopio en el siglo XVII y se aplicaron las técnicas de cultivos puros en la segunda mitad del siglo XIX. En las etapas tempranas de la micología, que se remontan a los comienzos del



Figs. 1-4. 1: La Venus de Willendorf: figura de aproximadamente 10 cm de altura, tallada hace 30000 años en piedra caliza; hallada en Austria. 2: El retrato más antiguo: figura de una joven tallada en marfil hace más de 20000 años; fue encontrada en Brassempouy, Francia. 3: Figura de un caballo pintada hace más de 20000 años por un hombre de la Edad de Piedra, en una cueva de Lascaux, Francia (imagen tomada del libro *El Hombre de Cro-Magnon*, de Tom Prideaux, 1983). 4: Esculturas de piedra en forma de hongo, labradas en los períodos Preclásico Primitivo y Preclásico Medio de la Cultura Maya, procedentes de Kaminaljuyú, Guatemala; de izquierda a derecha se presentan las efigies de un felino, una antropomórfica, y la de otro animal (dibujos y fotografías de los mismos por M. Ulloa). Las figuras 1 y 2 fueron tomadas del libro *Historia del hombre*, editado por Selecciones del Reader's Digest, 1974.

Renacimiento (mediados del siglo XV), la recopilación del conocimiento sobre hongos se debió al arduo trabajo de aficionados, en particular médicos y clérigos, quienes incluyeron algunos hongos en los libros de herbolaria escritos en latín, publicados en Europa en esa época. Sin embargo, el año de 1729 se considera como un punto de partida importante en la evolución de la micología, porque en esa fecha apareció publicada la notable obra de Pier Antonio Micheli, *Nova plantarum genera*. Desde entonces, esta ciencia se ha ido transformando hasta alcanzar en la actualidad un alto grado de diversificación, con evidentes repercusiones sobre una amplia gama de disciplinas biológicas, tanto básicas como aplicadas.

Durante mucho tiempo el enfoque de los estudios sobre forma y estructura fúngicas fue básicamente descriptivo. Posteriormente, el conocimiento de la morfogénesis (esto es, el desarrollo de los cuerpos fructíferos, las esporas y otros órganos) empezó a dominar el panorama micológico, así como las investigaciones de tipo experimental acerca de fisiología, genética, ecología, química y bioquímica, y, más recientemente, cladística, filogenia, biología molecular y biotecnología, además de otro tipo de disciplinas como la etnomicología, que sirve de eslabón entre la micología y la antropología.

En el siguiente relato cronológico se consideran sólo ciertas facetas del estudio de los hongos y se mencionan algunos trabajos que tienen relación con ilustraciones y términos micológicos, abordando en secuencia los de macromicetes, los de micromorfología de hongos macroscópicos, y los de micromicetes. El período de tiempo que comprende el relato abarca varios trabajos publicados hasta cerca de la mitad del siglo XX, porque la intención ha sido presentar una visión retrospectiva para obtener la información que se consideró importante y dar un panorama general del tema, en particular sobre trabajos micológicos pioneros. Estaría totalmente fuera de los límites de esta comunicación pretender abarcar más, sobre todo si se toma en cuenta que ha sido en la segunda mitad del presente siglo cuando la producción de obras micológicas ilustradas ha alcanzado el nivel más alto. Para los micólogos actuales es evidente que existe una profusión de trabajos de todo tipo en los que se incluyen ilustraciones y terminologías micológicas.

Macromicetes

Las descripciones más antiguas de hongos son imprecisas y, por carecer de ilustraciones, rara vez se pueden interpretar de manera adecuada y confiable. Los autores griegos y romanos de la antigüedad distinguían diferentes grupos de hongos macroscópicos, como los agaricáceos, los poliporáceos y las trufas, pero en sus obras no se plasmaban imágenes de estos organismos. Llamaban "*boletus*" y "*agaricum*" a los hongos que ahora se conocen como *Amanita caesarea* y *Fomes officinalis*, y por el año 185 aC el romano Nicandro aplicaba ya el término *fungus* para referirse a los hongos macroscópicos en general.

Los romanos fueron los primeros en realizar ilustraciones naturalistas de hongos, tratando de copiarlos fielmente de la naturaleza. En un fresco de Pompeya, preservado para la posteridad por la erupción del Vesuvio en el año 79 dC, se representa un hongo, supuestamente comestible, que ha sido interpretado de varias maneras y que parece corresponder a los cuerpos fructíferos de un *Lactarius* o de una *Russula*.

Los herbolarios europeos de la Edad Media, que en general prestaron poca atención a los hongos, mantuvieron la misma distinción clásica entre agaricáceos, poliporáceos y trufas, a los que describían en latín de manera superficial. A partir de la última década del siglo XV, cuando se imprimió el primer manual de herbolaria, se incrementó el número de ilustraciones de hongos, con lo que se facilitó su identificación basándose en un mejor entendimiento de la morfología externa.

La ilustración más antigua de hongos, que corresponde a seis cuerpos fructíferos de agaricales (aparentemente boletáceos), fue burdamente grabada sobre un bloque de madera que se utilizó como sello para imprimir la figura en el *Ortus sanitatis*, una obra anónima publicada en Mainz en 1491. Otra figura de hongos, igualmente burda, es la que apareció en *The grete herball* (publicada en Londres en 1526) y que muestra un anillo de hongos ("*muscherons*") rodeando un árbol de encino, lo que supuestamente simboliza el punto de vista de Plinio de que la mejor clase de "*boletus*" (*Amanita*) crece alrededor de las raíces del encino (Fig. 5).

En el libro de herbolaria del italiano Pierandrea

Mattioli (1560), que es básicamente una exposición de la obra de Dioscórides, se incluyen tres ilustraciones de hongos con una calidad mejor que las realizadas hasta entonces, y que permiten reconocer por primera vez de manera confiable los cuerpos fructíferos de trufas blancas y negras, de "*agaricum*" (*Fomes officinalis*) sobre un tronco de alerce, y de un grupo de agaricáceos, unos de ellos terrícolas y otros asociados a un tocón; en esta última figura se aprecian dos serpientes que fueron incorporadas con el fin de sugerir que los hongos venenosos debían su naturaleza nociva al aliento de esos animales (Fig. 6).

La primera monografía micológica publicada de manera independiente, es decir, no formando parte de una obra mayor, es la del médico holandés Adriaen Jonghe (Junius, latinizado), quien en 1562 describió e ilustró un faláceo (tanto el primordio como el cuerpo fructífero maduro), e incluso acuñó el nombre de *Phallus*.

En el *Kruidboek* de Mathias de l'Obel (Lobelius), publicado en Antwerp en 1581, aparece una docena de ilustraciones de hongos realizadas con mayor detalle. Por ejemplo, se reconocen fácilmente los cuerpos fructíferos de la "oreja de Judas" (*Hirneola auricula-judae*) sobre un tocón, de dos morillas (*Morchella*), de un cantarelo (*Cantharellus cibarius*) ilustrado en sus parte superior e inferior, de unas "pelotitas sopladoras" (*Bovista*), y de unas trufas blancas (*Tuber*).

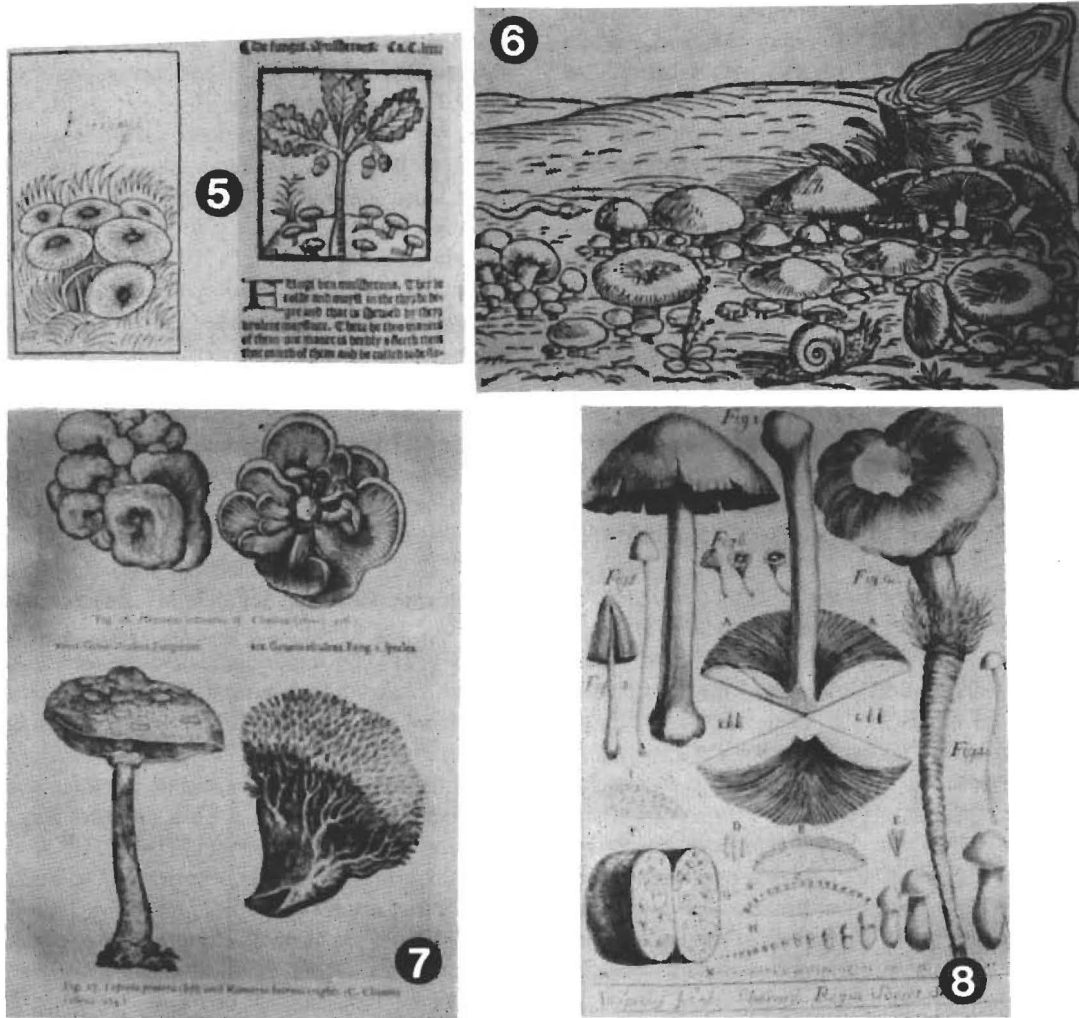
Después de l'Obel, las siguientes contribuciones micológicas de importancia fueron las del francés Jules-Charles l'Escluse (o l'Ecluse, latinizado como Clusius) en su obra magna *Rariorum plantarum historia*, 1601. Clusius recolectó hongos en la región romana de Pannonia, que ahora corresponde a partes de Austria, Hungría y Yugoslavia, y encargó a un acuarelista la realización de los dibujos de cuerpos fructíferos que se encontraban creciendo en condiciones naturales. Este trabajo dio como resultado el *Clusius Codex*, una colección de 87 láminas (86 en acuarela y una en óleo), que junto con otros trabajos reeditó para publicar su obra magna, que incluye 105 especies de hongos. Las ilustraciones de esta obra muestran nuevos detalles, tales como las láminas decurrentes de *Pleurotus ostreatus*, el anillo de *Lepiota procera*, el himenóforo de boletáceos, y las primeras figuras de *Ramaria botrytis* (Fig. 7) y *Clathrus cancellatus*.

Entre las obras micológicas ilustradas importantes se encuentra la *Historia plantarum universalis*, del

suizo Jean Bauhin (1650-1651); una parte del volumen 3 está dedicada a los hongos, que clasifica como "Excrementa terrae", e ilustra por medio de 43 bloques de madera grabados, la mayoría de ellos tomados de las obras de l'Obel y Clusius, aunque alrededor de una docena son originales de Bauhin, y de mayor calidad, entre ellos los de *Agaricus campestris*, *Tricholoma georgii*, *Amanita caesarea* y *Boletus scaber*. En ésta y las otras obras micológicas que la precedieron, las figuras van acompañadas por descripciones en latín, aunque la de Bauhin ofrece mayores detalles y por lo mismo se le considera como el clímax de los tratados de hongos realizados por los herbolarios europeos.

El siguiente avance en la ilustración micológica fue de tipo técnico y consistió en el uso de placas de cobre sobre las que se grababa a mano el diseño que, una vez entintado, se transfería al papel por medio de presión, al pasar la placa y el papel entre dos rodillos metálicos. Posteriormente, el grabado a mano fue reemplazado por dibujos hechos con un estilo o punzón sobre la superficie encerada de la placa de cobre, la cual era entonces sumergida en ácido para obtener el grabado final. Esta técnica permitió imprimir ilustraciones de mucho mayor calidad por su detalle más fino. Fue precisamente con este tipo de placas que se imprimieron las excelentes ilustraciones del libro de Robert Hooke, *Micrographia*, publicado en Londres en 1665, al que se hará referencia más adelante cuando se traten los hongos microscópicos. La primera aplicación de placas de cobre para ilustrar hongos macroscópicos fue en el *Theatrum fungorum* de Frans van Sterbeeck, obra publicada en Antwerp en 1675, escrita en flamenco, no en latín, por este clérigo que de manera extensiva, aunque algo subrepticamente, utilizó el Code de l'Escluse (*Clusius Codex*) como la principal fuente de ilustraciones, además de las obras de l'Obel y Jean Bauhin, indicando que, con excepción de unas cuantas, todas las figuras del *Theatrum fungorum* habían sido hechas con base en observaciones de los hongos en la naturaleza. Muchas de las láminas de esta obra son de buena calidad y, aunque algunas de ellas son menos satisfactorias, se incluye material nuevo.

Entre los libros ilustrados que se publicaron durante los siguientes 50 años se pueden mencionar el de J.P. Tournefort, *Éléments de botanique* (1694), en el que se dedican seis láminas a los hongos superiores, incluyendo a *Geastrum* y *Tulostoma*; el



Figs. 5-8. 5: Primera ilustración impresa de un hongo (izquierda): seis agaricales grabados en un bloque de madera, utilizado para imprimir la figura en el *Ortus sanitatis*, 1491. Siete agaricales ("muscherons") rodeando un árbol de encino (derecha), figura publicada en *The grete herball*, 1526. 6: Varios grupos de agaricáceos, unos asociados a un tocón y otros terrícolas; figura impresa en la obra de Mattioli, 1560. 7: Figuras de *Pleurotus ostreatus*, *Lepiota procera* y *Ramaria botrytis*, incluidas en el *Clusius Codex*, 1601. 8: Estructura y desarrollo del cuerpo fructífero de un agárico, de la obra de P.A. Micheli, *Nova plantarum genera*, 1729; las ilustraciones relevantes corresponden a las de la figura 1 de esta lámina 73. B y C muestran pelos sobre la orilla de una lámina del píleo; en H se representan las basidiosporas dispuestas en grupos de cuatro, y en N los estados sucesivos del desarrollo del cuerpo fructífero.

Todas las figuras fueron tomadas del libro *Introduction to the History of Mycology*, de G.C. Ainsworth, 1976.

de P. Boccone, *Museo di piante rare* (1697), en el que aparece la primera ilustración del "hongo-piedra" (*Polyporus tuberaster*); el de Sébastien Vaillant, *Botanicon Parisiense* (1727), con bellas láminas realizadas por Claude Aubriet, las que contienen 78 figuras de hongos, y el trabajo sobresaliente de Pier Antonio Micheli, *Nova plantarum genera* (1729), que generalmente se reconoce como la marca del nacimiento de la micología, ya como una disciplina estudiada de manera sistemática y con mayor profundidad. Micheli, quien estaba encargado de los jardines públicos de Florencia, y cuyo trabajo fue marcadamente influido por las obras de Tournefort, se distinguió por sus estudios sobre el origen, cultivo y crecimiento de hongos mucoráceos y otros afines, que lo convirtieron en un clásico de la micología. De las 1900 plantas enumeradas en el *Nova plantarum genera* (1400 observadas por primera vez) 900 son hongos, y unas 73 de las 108 láminas impresas con placas de cobre tratan de hongos y líquenes, con 40 ilustraciones exactas de hongos macroscópicos. Entre los nuevos taxa descritos, ilustrados y nombrados por Micheli están *Mucor*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Polyporus*, *Clathrus* y *Geaster*. También introdujo el nombre *Puccinia* (para *Gymnosporangium*) y aportó las primeras ilustraciones de *Sphaerobolus* (como *Carpobolus*), además de describir el mecanismo por medio del cual se dispara el saco esporífero de este último hongo. Micheli también observó "semillas" (esporas) en muchos grupos de hongos, estructuras ilustradas por primera vez, en 1588, por el italiano Giambattista della Porta, y que más tarde fueron ya denominadas esporas al ser acuñado este término por Hedwig en 1788; observó el arreglo cuaternario de las basidiosporas sobre la superficie de las láminas himenóforas de varios agáricos con esporas oscuras (Fig. 8), y fue el primero en describir ascas y cultivar diversos hongos microscópicos a partir de esporas, utilizando trozos de frutas como sustrato, además de ilustrar los cordones miceliales adheridos a los cuerpos fructíferos de agaricáceos, de describir los pelos que se desarrollan en la orilla de las láminas (que él interpretó como flores apétalas), y los cistidios (entonces llamados "corpori diaphani", tanto cónicos como piramidales), entre otras estructuras fúngicas. Como dato curioso, cabe mencionar que la publicación del *Nova plantarum genera* de Micheli fue subsidiada por casi 200 patrocinadores, sobre todo para cubrir el costo de las placas de cobre utili-

zadas para imprimir las figuras. Otro autor importante fue Lazaro Spallanzani, quien, como Micheli, hizo cultivos de mohos (*Rhizopus stolonifer*) sobre trozos de pan humedecido y de frutas; describió adecuadamente los rizoides de ese moho pero interpretó como diminutos cuerpos fructíferos de agáricos a los esporangios maduros que ya habían desprendido sus esporas, y los ilustró como tales en 1776. Estos estudios sobre el origen de los mohos a partir de sus esporas contribuyeron a derrocar la teoría de la generación espontánea, lo cual se logró de manera definitiva 100 años después con las investigaciones de Pasteur y de Tyndall.

Para mediados del siglo XVIII la diversidad morfológica de una gran cantidad de macromicetes estaba ya registrada pictóricamente. La publicación de las ilustraciones de este tipo de hongos continuó hasta principios del siglo XIX, con la aparición de varios libros, entre ellos: *Fungorum agri Arimiensis historia* (1755), del italiano Giovanni Antonio Battarra, con 40 excelentes láminas, impresas en blanco y negro; *Fungorum qui in Bavaria et Palatinata circa Ratisbonam nascuntur icones*, en cuatro volúmenes (1762-1774), de Jakob Christian Schaeffer, un clérigo alemán que realizó en acuarela las ilustraciones de su obra; *An history of funguses growing about Halifax* (1788-1791), del inglés James Bolton, quien hizo los dibujos copiando del natural directamente sobre placas de cobre, y *Coloured figures of English fungi or mushrooms* (1797-1815), de James Sowerby, quien fue el iniciador de una dinastía de notables ilustradores botánicos. La extensa obra *Historie des champignons de la France* (1791-1812), de Pierre Bulliard, con 383 láminas, el primer libro micológico con figuras impresas a color, el *Icones mycologicae* (1905-1910), de Émile Boudier, que además de macromicetes incluye discomicetes pequeños y algunos micromicetes, y la *Flora agaricina Danica* (1935-1941), de Jakob Lange, son ejemplos de trabajos valiosos científicamente y de magníficas impresiones.

A lo largo de todo este tiempo se fue acuñando una extensa terminología para referirse a diversas estructuras fúngicas, terminología que se continúa utilizando hasta el presente, y que a manera de ejemplos se da en la tabla 1, indicando los autores de los términos y las fechas en que fueron publicados.

En la actualidad existe un gran número de términos micológicos, que se manejan en todo tipo de artículos, libros, atlas, diccionarios y demás obras.

<i>esclerocio</i> (inicialmente como <i>Sclerotium</i>)	Tode, 1790
<i>himenio</i>	Persoon, 1794
<i>talo, apotecio, peritecio, soredio, isidio y cefalodio</i>	Acharius, 1803, 1810
<i>micelio y cuerpo fructífero</i>	Trattinick, 1804-1806
<i>hifa</i>	Willdenow, 1810
<i>asca</i>	Ness von Esenbeck, 1816
<i>micología y micólogo</i>	Berkeley, 1836
<i>basidio y cistidio</i>	Léveillé, 1837
<i>fungología</i>	Berkeley, 1860
<i>cigospora</i>	de Bary, 1864
<i>simbiosis</i>	Frank, 1877
<i>micorriza</i>	Frank, 1885
<i>saprófito</i>	de Bary, 1887
<i>saprobio</i>	Martin, 1932
<i>mono, di y trimítico</i>	Corner, 1932
<i>flagelo piloso y flagelo látigo</i>	Manton <i>et al.</i> , 1952
<i>Spitzenkörper</i>	Girbardt, 1957
<i>doliporo</i>	Moore y McAlear, 1962

Tabla 1. Lista de autores, términos y fechas de publicación.

que traten del estudio de los hongos. Entre los diccionarios de micología que recopilan el léxico de la disciplina están: *A Glossary of Mycology*, de W.H. Snell y E.A. Dick (1957), el *Diccionario ilustrado de micología*, de M. Ulloa (1991), y el *Ainsworth & Bisby's Dictionary of The Fungi*, editado por D.L. Hawksworth *et al.* (1995), por mencionar sólo algunas de las obras que incluyen miles de términos relacionados con macro y micromicetes.

Micromicetes

El conocimiento de la morfología de los hongos microscópicos y de la estructura detallada de los hongos macroscópicos sólo se pudo obtener hasta que, a finales del siglo XVI y principios del XVII, apareció el microscopio en el escenario científico, instrumento fundamental para el desarrollo de la micología y la microbiología, y que, como generalmente sucede con los inventos y descubrimientos del hombre, sufrió una evolución gradual en su perfeccionamiento hasta llegar al microscopio moderno en todas sus distintas modalidades, incluyendo el electrónico.

Desde el tiempo de los Asirios, antes de Cristo, se conocía ya el poder de amplificación que tenían las esferas de vidrio. Sin embargo, las lentes de vidrio se

utilizaron extensamente hasta alrededor de 1300 cuando una persona anónima inventó los anteojos para mejorar la visión. En 1590, Hans y Zacharias Janssen, de Middleburg, Holanda, construyeron el primer microscopio compuesto al descubrir que si se montaban ciertas lentes juntas en un tubo se formaba lo que los físicos ahora llaman un *microscopio galileano*, cuando se observa por un extremo, y un *telèscopio galileano*, cuando se ve por el extremo opuesto. A principios del siglo XVII, Galileo Galilei usó este instrumento tanto para examinar las estrellas como para explorar el mundo microscópico. Aunque a Galileo se le ha dado el crédito por haber realizado las primeras observaciones microscópicas, de hecho no hizo contribuciones relevantes en este campo y sus principales aportaciones científicas fueron más bien de tipo astronómico, pues con su telescopio fue capaz de observar los cráteres de la Luna, las manchas solares, las fases de Venus, los anillos de Saturno y los cuatro satélites más grandes de Júpiter, denominados por ello satélites galileanos, que actualmente se conocen como Io, Europa, Ganimedes y Calisto. El desarrollo casi simultáneo del microscopio y el telescopio en Holanda constituyó un acontecimiento de gran trascendencia que permitió extender la visión del hombre hacia los dominios de lo muy pequeño y de lo muy grande. Fue la época en

que despegaron las observaciones del micro y macrocosmos, de los átomos y las galaxias.

Con las mejoras tecnológicas del microscopio (inicialmente denominado *microscopium* por el inglés John Faber, en 1625), y con el surgimiento de una actitud más liberal hacia la investigación científica, emergieron cinco notables microscopistas que tuvieron un profundo efecto en la biología: Robert Hooke, Antonie van Leeuwenhoek, Marcello Malpighi, Jan Swammerdam y Nehemia Grew. Aunque el trabajo de cualquiera de estos microscopistas parecería carecer de un objetivo definido, es pertinente señalar que estos hombres consideraban de primordial importancia a la observación y experimentación, pues para ellos no bastaban las meras especulaciones hipotéticas y filosóficas. El gran significado de su labor fue que, por vez primera, se reveló ante los ojos de los naturalistas y otros científicos un mundo nuevo en el que los seres vivos desplegaban una complejidad y diversidad casi increíbles. De estos grandes observadores sólo se comentarán algunas de las principales aportaciones que los tres primeros hicieron en el campo micológico, que es el que concierne a esta comunicación.

Robert Hooke (1635-1703), que en 1662 era Secretario y curador de experimentos de la Royal Society of London, fue el primero en diseñar y construir un microscopio compuesto (conocido como microscopio gregoriano de reflexión), y también el primero en observar, describir e ilustrar las *células* (término acuñado por él), que en realidad correspondían a las pequeñas cavidades en forma de panal, delimitadas por las paredes celulares de las células muertas, que observó en delgados cortes de corcho. Éstas y otras observaciones, como la naturaleza cristalina de los copos de nieve, y los ojos compuestos de una mosca, fueron registradas fielmente en su extraordinario libro *Micrographia*, impreso con placas de cobre grabadas, publicado en 1665 (Fig. 9). En la lámina 29 se presentan las primeras ilustraciones de hongos microscópicos, nunca antes vistas (Fig. 10): la figura superior muestra esporangios jóvenes y maduros de lo que evidentemente corresponde a una especie de *Mucor*, moho que se encontraba creciendo sobre el forro de un libro; la inferior representa la estructuras esporíferas de un hongo parásito del rosal, aparentemente correspondientes a los telios con teliosporas de esta roya (*Phragmidium mucronatum*) desarrollándose en

las hojas de la planta hospedera. Hooke incluso incorporó una escala en sus dibujos, práctica que durante muchos años otros microscopistas desafortunadamente no siguieron. Aun cuando el microscopio de Hooke era compuesto, es decir, provisto de un objetivo y un ocular, la calidad del tallado de sus lentes, que era inferior a la de las lentes que utilizó Leeuwenhoek años después, sólo permitía obtener unos 30 aumentos, lo que impidió que Hooke pudiera ver organismos más pequeños, como los protozoarios, levaduras y bacterias, observados y descritos unos años más tarde por Leeuwenhoek. De cualquier forma, Hooke debe ser reconocido como el primero en observar e ilustrar microorganismos (el moho y la roya antes mencionados), además de que dio la primera explicación sobre la estructura interna, es decir, los tejidos hifales, de los macromicetes, a los que describió en la sección sobre esponjas de su *Micrographia*. Un aspecto del poder de observación y de la mente inquisitiva de Hooke, que no debe ser omitido, es la curiosidad que tuvo para examinar, además del mundo microscópico, el cielo y los planetas; así, en 1664 descubrió La Gran Mancha Roja de Júpiter, sugiriendo que este planeta giraba sobre su propio eje; además registró la Quinta Estrella de la Constelación de Orión e hizo dibujos detallados de Marte.

Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), quizás el más conocido de los grandes microscopistas pioneros, fue un comerciante de telas, en Delft, Holanda, que se distinguió por ser un genio tallador de finas lentes y fabricante de singulares microscopios (Fig. 11) con los cuales podía captar imágenes aumentadas de 250 a 300 veces, lo que le permitió observar bacterias por vez primera en la historia del hombre. En numerosas cartas dirigidas a la Royal Society of London relató sus descubrimientos, aunque sin dar muchos detalles de sus técnicas. En varias cartas, enviadas a esa sociedad, describió sus observaciones sobre mohos, probablemente *Mucor* (1673), bacterias de diversos tipos, incluyendo cocos, bacilos y espirilas (1676 y 1683), y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), tanto unicelulares como en grupos resultantes de la gemación (1680), así como de protozoarios y otros microorganismos. Tanto Hooke como Leeuwenhoek utilizaban una técnica de iluminación similar a la actualmente llamada de campo oscuro, con la que obtenían un contraste mayor que el proporcionado por la iluminación ordinaria, lo que repercutía en la observación de los

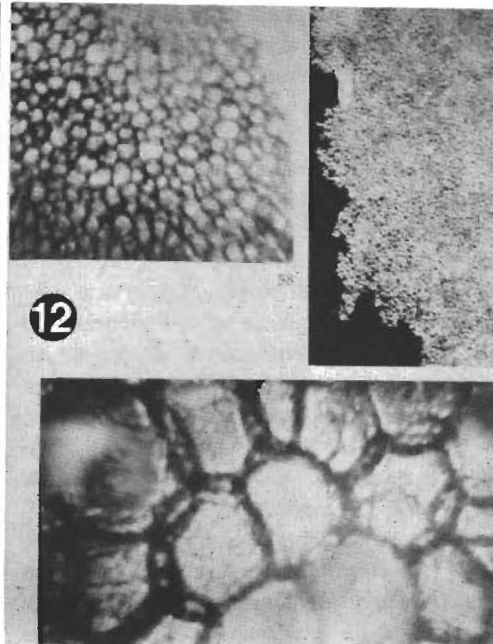
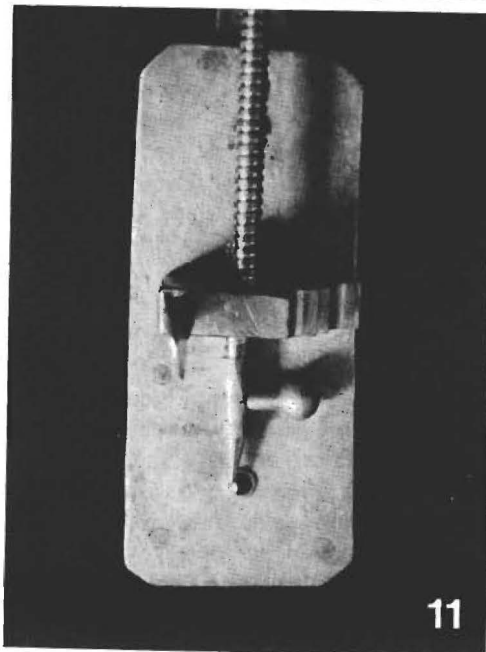
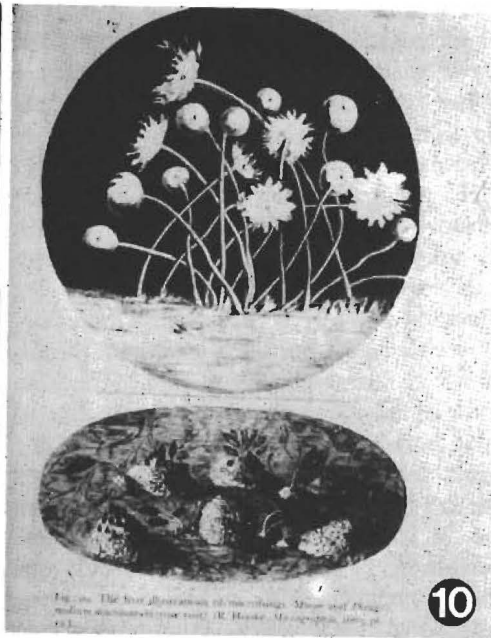
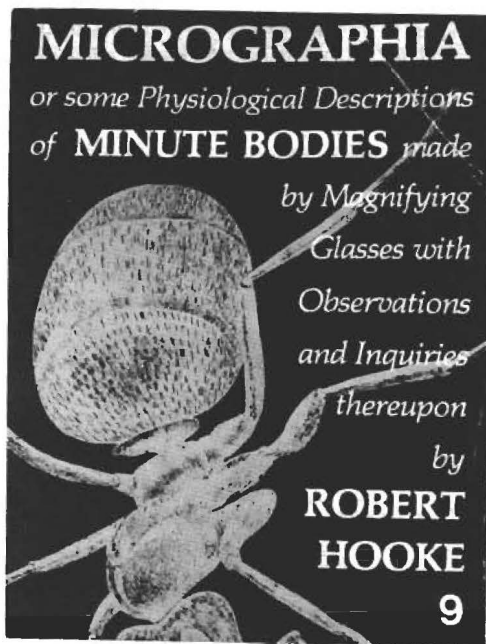
objetos con mayor detalle (Fig. 12). Se estima que Leeuwenhoek construyó cerca de 400 microscopios, la mayoría de bronce, aunque hizo algunos de plata o de oro. Fue precisamente con un microscopio construido por él que otro genio holandés de la época, Christian Huygens (1629-1695), realizó las primeras observaciones microscópicas y dibujos de los espermatozoides de perro y de humano. Huygens, quien era amigo de Leeuwenhoek, representa otro ejemplo de extraordinaria capacidad mental para explorar tanto el micro como el macrocosmos, pues además se destacó por sus descubrimientos astronómicos; él mismo construyó un telescopio de cinco metros de largo, con el que observó y confirmó la existencia de La Gran Mancha Roja de Júpiter, que Hooke había descubierto en 1664. Realizó dibujos precisos de la superficie de Marte y fue el primero en determinar la duración del día de ese planeta (aproximadamente 24 horas); además especuló que Venus estaba completamente rodeado por nubes, reconoció el sistema de anillos de Saturno, señalando que éstos no tocaban ninguna parte del planeta, y descubrió a Titán, el satélite más grande de Saturno (actualmente reconocido como el más grande del Sistema Solar).

Marcello Malpighi (1628-1694), médico, biólogo y microscopista italiano, dedicó una lámina de su *Anatome plantarum* a los hongos (un agárico que él denominó *Fungus*, y varios mohos comunes: posteriormente denominados como *Mucor*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium* y *Botrytis*), aunque sus ilustraciones son de menor calidad que las realizadas por Micheli, de quien ya se mencionaron algunas de las importantes contribuciones micológicas que hizo en el siglo XVIII, tanto sobre macro como micromicetes.

Micheli también hizo algunas aportaciones sobre mixomicetes. Además de realizar ilustraciones de *Reticularia*, *Fuligo*, *Lycogala* y *Mucilago*, acuñó estos dos últimos nombres, así como los de *Clathroides* y *Clathroidiastrum* (correspondientes a los actuales *Arcyria* y *Stemonitis*, respectivamente). Su caracterización de una especie de *Mucilago* realmente corresponde a la primera descripción de un plasmodio, y el organismo que describió como *Puccinia ramosa* fue posteriormente identificado como *Ceratiomyxa fruticulosa*. La única descripción detallada de un mixomicete, anterior a las de Micheli, es la de J. Marchant (1727), y corresponde a la "flor de tanino" (*Fuligo septica*), que este último autor clasificó como una "esponja".

En 1820, el alemán Christian Gottfried Ehrenberg describió como una nueva especie a *Syzygites megalocarpus*, un moho que encontró creciendo sobre el píleo de *Agaricus aurantiarius*; con bellas ilustraciones mostró los estados de la conjugación de dos filamentos para producir una estructura de resistencia, negra, proceso que Ehrenberg consideró como sexual y semejante al de las algas conjugadas, como *Spirogyra*. El significado de estas observaciones fue reconocido hasta 1860, cuando de Bary publicó los resultados de una revisión de *S. megalocarpus*, enfatizó la naturaleza sexual de la conjugación y nombró como *cigospora* a la espora negra resultante de la fusión, un término que él había acuñado para designar a la espora análoga de *Spirogyra*. Posteriormente, de Bary y Woronin (1864-1881) describieron cigosporas en *Rhizopus stolonifer*, y los hermanos Tulasne hicieron lo mismo para *Mucor fusiger* (1867). Poco antes, Pringsheim (1857-1860) había descrito con detalle los oogonios y anteridios de los Saprolegniales (previamente observados por Schleiden en 1842, C. Naegeli en 1847, y A. Braun en 1851) y de Bary había descubierto, en 1852, los oogonios y anteridios, y redescubierto las zoosporas (primeramente observadas por Prévost en 1807), en *Albugo* y *Peronospora*. El descubrimiento de los órganos sexuales de los ascomicetes también se debió a de Bary quien describió las estructuras masculinas y femeninas en *Pyronema confluens* y *Erysiphe cichoracearum* (1862).

Entre los principales micólogos de finales del siglo XVIII y comienzos del XIX que hicieron contribuciones importantes al conocimiento de los hongos microscópicos se pueden mencionar a Link, Persoon, Fries, Montagne, Léveillé y Nees von Esenbeck, pero habría que destacar la obra de A.C.J. Corda, quien entre 1837 y 1840 publicó cinco volúmenes de su *Icones fungorum hucusque cognitorum*, con cientos de pequeñas ilustraciones realizadas por él en su estilo característico. Corda fue de los pocos autores que siguieron el ejemplo de Hooke, de indicar la escala en las ilustraciones, o como lo hizo Leeuwenhoek, de calcular el tamaño de los objetos observados con el microscopio. Corda fue el primer micólogo que consistentemente dio los tamaños de las esporas, casi siempre en términos de la "pulgada París" (=27.9 mm), para lo que usaba las abreviaturas "p.p." o "p.p.p.", al referirse a partes de pulgada París. Posteriormente, la micra se volvió la



Figs. 9-12. 9: Portada del libro *Micrographia*, de Robert Hooke (1961, basada en el original de 1665). 10: Primeras ilustraciones de micromicetes, realizadas por R. Hooke y publicadas en la Lámina XII de su *Micrographia*, 1665; arriba la de esporangios de *Mucor*, y abajo la de los telios de *Phragmidium mucronatum*, la roya del rosál. 11: Réplica de un microscopio de Leeuwenhoek, hecha de bronce como un original, procedente del Museo Leeuwenhoek, de Delft, Holanda. 12: Paredes celulares (lo que Hooke denominó *células*) de células muertas en secciones delgadas de corcho, fotografiadas con técnicas actuales pero a través de un microscopio de Leeuwenhoek y uno de Hooke; la imagen que se muestra a menor aumento es como supuestamente la observó Hooke, y en la periferia de las dos más amplificadas se aprecia el efecto de una iluminación similar a la de campo oscuro que se utiliza actualmente (tomadas del libro *A History of Microtechnique*, de B. Bracegirdle, 1978).

medida estándar y en 1857 W. F.R. Suringar introdujo el símbolo μ en la escritura biológica, que en la actualidad se ha convertido en μm , la abreviatura de micrómetro, la millonésima parte de un metro. Destacan también las obras de los hermanos L.R. y C. Tulasne, por ejemplo sus memorias sobre royas y carbones (1847, 1854), ergot (1853) y su extraordinaria *Selecta fungorum carpologia* (1861-1865), en la que plasmaron sus dibujos originales en blanco y negro, a medio tono, de gran calidad científica y artística, que se cuentan entre las más bellas y detalladas ilustraciones micológicas que se han hecho.

Después de la aceptación general del término *espora*, propuesto por Hedwig en 1788, durante los siguientes 100 años se acuñaron más de un centenar de nombres para distinguir esporas de diferentes formas, ontogenias y funciones. La terminología saccardiana para las esporas de los hongos conidiales o asexuales (deuteromicetes) es un claro ejemplo de esto. La extensa obra *Sylloge Fungorum*, de P.A. Saccardo, publicada entre 1886 y 1906, carente de ilustraciones, tuvo una influencia importante en la clasificación de los deuteromicetes, pues aunque es artificial sus ventajas prácticas lograron imponerse por mucho tiempo, hasta que, a partir de 1953, Hughes, Vuillemin y Mason, entre los principales, cambiaron el enfoque saccardiano y basaron la clasificación de estos hongos en la ontogenia conidial o conidiogénesis, desarrollándose una terminología más amplia que la utilizada anteriormente; basta sólo revisar cualquier diccionario micológico para tener una apreciación de la multitud de términos relacionados con las esporas fúngicas.

Sería imposible, además de inapropiado, tratar de dar información (aun somera) de las múltiples publicaciones de tantos otros autores acerca de la estructura básica de los hongos macro y microscópicos. Pero no se pueden dejar de mencionar la obra de Anton de Bary, en particular las cinco partes del *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze*, que junto con M. Woronin publicó de 1864 a 1881, ni las 14 partes del *Untersuchungen aus dem gesamtgebiete der Mykologie* (1872-1912) de Oscar Brefeld, ambas con gran cantidad de información escrita y gráfica derivada de observaciones originales, y que contribuyeron grandemente al conocimiento de la biología de los hongos, tanto parásitos como saprobios y simbióticos.

El estudio microscópico de los micro y macro-micetes continuó por muchos años, pero debido a las limitaciones de los microscopios disponibles hasta entonces (en particular las aberraciones esférica y cromática de los objetivos), la producción de trabajos más detallados se dio después de 1830, cuando los franceses J.L.V. y C.L. Chevalier diseñaron objetivos de mayor calidad. En 1840, el italiano Giovanni Battista Amici introdujo un objetivo de inmersión en agua, pero el microscopio moderno se originó hasta 1878 cuando la empresa Zeiss comenzó a manufacturar microscopios con los diseños de Ernest Abbé, incorporando el objetivo de inmersión en aceite, el condensador (que Abbé había diseñado originalmente para el bacteriólogo alemán Robert Koch) y, por fin, en 1886 el objetivo apocromático para eliminar las aberraciones ópticas.

Tan importante como la invención del microscopio fue el surgimiento de la fotografía, porque antes de ésta no había una técnica para poder transmitir de manera exacta y objetiva la apariencia de cualquier cosa. La comunicación visual por medio del dibujo, la pintura y la escultura estaba limitada a la habilidad y el juicio del autor, la tecnología artística del momento e incluso la moda prevaleciente. La fotografía nació de una síntesis de física y química a principios del siglo XIX, cuando se combinaron los elementos ópticos y químicos necesarios, aunque sus antecedentes son muchos: la manufactura del vidrio y su tallado para elaborar lentes, el desarrollo de la cámara oscura en el siglo XVIII, cuyos principios se remontan al tiempo de Aristóteles, la evolución de la fotoquímica desde 1725 hasta inicios del siguiente siglo, la invención del Daguerreotipo y Calotipo (1840-1851), que permitieron la obtención de imágenes permanentes, la elaboración de las placas de colodión húmedo (1851) y las del seco (1871), el desarrollo de la cámara fotográfica con película en rollo (1880), el "flash" (1929) y la película de color (1935). En el presente siglo continúa el espectacular crecimiento de las aplicaciones fotográficas y se está dando una acelerada evolución de la secuelas de la fotografía, como el cine, la televisión y el video.

El arte y la ciencia de la fotomicrografía son tan antiguos como la fotografía misma. A pocos meses de la introducción en Europa de los Daguerreotipos, en 1839 se hicieron experimentos de fotomicrografía en Inglaterra, aunque se obtuvieron imágenes fo-

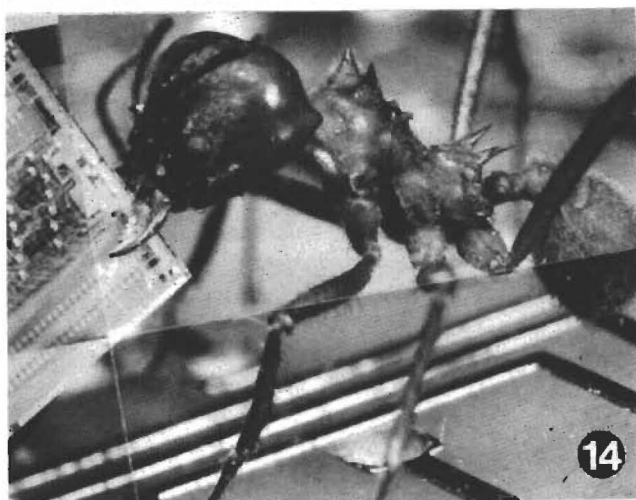
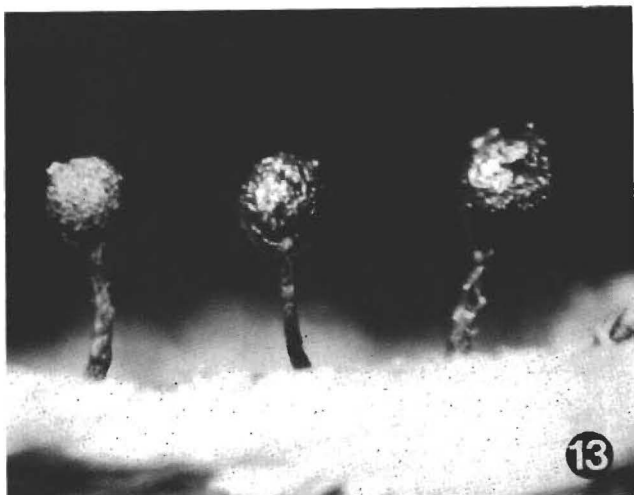
tográficas definidas hasta que se perfeccionó el proceso del colodión húmedo. Para 1856 la fotomicrografía ya estaba bien establecida, empleando negativos de colodión húmedo y papel con plata y albúmina. Desde entonces se ha utilizado prácticamente en cada campo en que el microscopio es una herramienta fundamental y siempre que resulte útil contar con una imagen ampliada y registrada. En el estudio de los hongos, su empleo ha sido de grandes repercusiones científicas al permitir la obtención de registros fidedignos de todo tipo de estructuras somáticas y reproductivas. La fotografía científica para fines ilustrativos tiene actualmente una aplicación casi infinita. En 1897 surgió la estereomicroscopía, cuya característica distintiva es la de captar imágenes tridimensionales a bajos aumentos (Figs. 13-14). La cinemicrografía, que es una forma especial de fotomicrografía, se ha empleado para filmar eventos dinámicos, como los que exhiben los organismos vivos. En el campo de la micología se ha utilizado, por ejemplo, para observar el movimiento ameboide y las corrientes citoplasmáticas de los plasmodios y mixamebas, la natación de las zoosporas y otros fenómenos, como el crecimiento de las hifas, la conidiogénesis y la fisiología de algunos organelos intracitoplasmáticos, incluyendo el Spitzkörper, cuyas imágenes han sido grabadas con un alto grado de definición por medio de una nueva técnica, conocida como micrografía en video mejorada por medio de computadora.

En 1942 apareció la microscopía de contraste de fases, y posteriormente la de contraste de interferencia, conocida también como óptica de Nomarski, que permitieron resolver detalles de preparaciones sin teñir. Alrededor de 1950 surgió el microscopio electrónico de transmisión, que junto con la estereomicroscopía, la microscopía de contraste de fases y la de fluorescencia, entre las principales, se convirtieron en técnicas micológicas de rutina. El microscopio electrónico de barrido apareció pocos años después que el de transmisión, con lo que la investigación de la morfología y ultraestructura fúngicas penetró a otra dimensión (Figs. 15-16). Gracias a su alto poder de resolución, el microscopio electrónico vino a ser uno de los instrumentos más versátiles para la observación y el análisis de las características microestructurales, tanto externas como internas. El microscopio electrónico de barrido ha permitido obtener imágenes tridimensionales de la morfología externa de los especímenes, pues posee

una gran profundidad de foco, además de que puede utilizarse para examinar objetos a bajos aumentos. Con el mayor poder de resolución de estos instrumentos se pudieron elucidar estructuras como los flagelos látigo y piloso, el septo doliporo, el cinetosoma, el retículo endoplasmático, los cromosomas y muchas otras, y de manera colateral se ha ido creando un extenso léxico relacionado con la forma, la función y todos los otros aspectos que involucra el estudio de los hongos.

En la micología, como en cualquier otra ciencia o disciplina que cultive el hombre, la dualidad *imágenes-palabras* se encuentra en una dinámica constante, teniendo las imágenes un papel tan importante o más que las palabras escritas en el proceso de transmisión del conocimiento de la naturaleza o de la comunicación de la ciencia.

Más de 30000 años han transcurrido desde que el hombre de la Edad de Piedra (el hombre de Cro-Magnon) realizó las primeras anotaciones de las fases lunares en un trozo de asta de reno, una serie de señales trazada deliberadamente para comunicar un fenómeno natural significativo, 25000 años antes de que los sumerios inventaran la escritura cuneiforme; también han pasado casi 30000 años desde que labró en roca las primeras estatuillas que los arqueólogos llaman Venus, y alrededor de ese mismo lapso de tiempo desde que plasmó sus pinturas en las paredes de las cuevas de Europa, con la finalidad de transmitir conocimientos por medio de imágenes, que por cierto se consideran como obras de arte y se clasifican entre las más bellas y cautivadoras que haya producido el hombre. En lo que atañe a la creación de imágenes micológicas, casi dos milenios han transcurrido desde que los romanos dejaron el testimonio pictórico de unas setas comestibles en un muro de Pompeya, y cerca de 500 años desde que aquella primera figura de seis agaricales se grabó en un bloque de madera para producir la primera ilustración impresa de un hongo (1491). Cuán grande y significativo ha sido el salto desde que, en 1560, Mattioli publicó la primera ilustración de los cuerpos fructíferos de *Fomes officinalis*, hasta la obtención de una fotomicrografía electrónica de transmisión de un septo doliporo de una hifa de *Heterobasidion* (= *Fomes*) *annosum*, en la que se pueden apreciar finísimos detalles ultraestructurales. Una analogía similar se podría establecer entre las observaciones pioneras de los planetas y satélites realizadas por Galileo, Hooke y Huygens en el siglo XVII y las

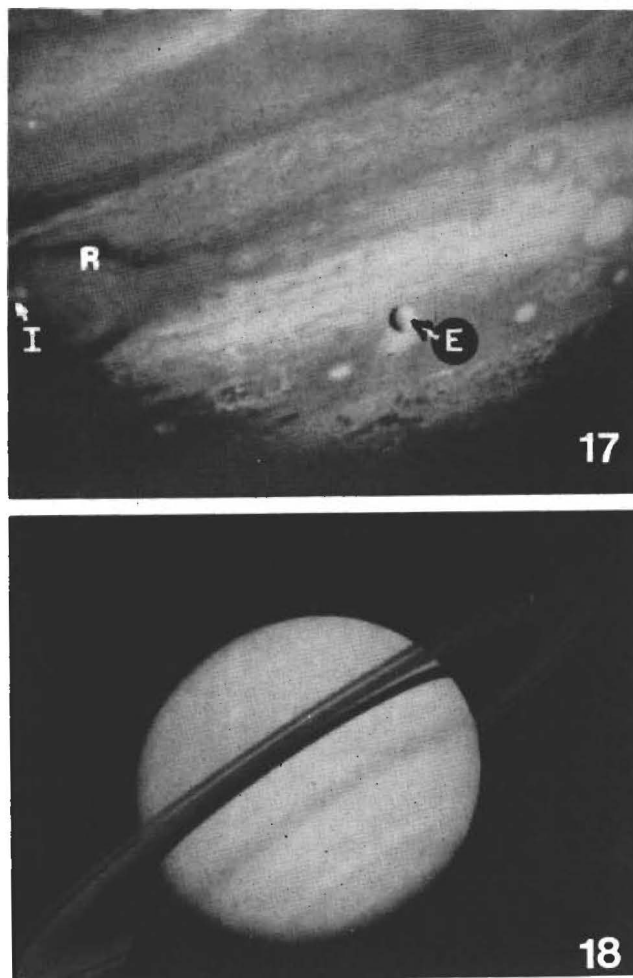


Figs. 13-16. 13: Esporangios iridescentes de *Lamproderma columbinum*, fotografiados a través del estereomicroscopio. 14: Hormiga con un chip de computadora en sus mandíbulas, fotografiada a través de un estereomicroscopio (tomada de un cartel publicitario de Estereomicroscopios Zeiss). 15-16: Talos de *Laboulbenia flagellata* sobre la cabeza de una hormiga, fotografiados con el microscopio electrónico de barrido (Fot. de G. van Dyke).

asombrosas imágenes captadas por los telescopios modernos, incluyendo el radiotelescopio y el extraordinario telescopio espacial Hubble (1991), así como por las cámaras fotográficas de las naves espaciales tripuladas y no tripuladas, y las de las sondas espaciales que en las últimas décadas ha enviado el hombre al espacio exterior; se está desarrollando una nueva y fascinante forma de ver el universo (Figs 17-18). La apreciación de imágenes a través de las lentes del microscopio y del telescopio ha estado vinculada por siglos al hombre de ciencia, quien curioso de los fenómenos naturales no se ha

detenido en su continua búsqueda por conocer más acerca del micro y macrocosmos de los que forma parte.

Galileo, Hooke, Leeuwenhoek, Huygens y otros genios del pasado se sorprendieron ante las maravillosas imágenes del mundo nuevo que estaban descubriendo en su tiempo; probablemente especularon sobre las cosas que verían los observadores del futuro, pero se podría aseverar que sus especulaciones serían de una dimensión limitada si se compararan con la realidad actual. Con los microscopios y telescopios del presente se están obteniendo imáge-



Figs. 17-18. 17: Imagen del planeta Júpiter, captada en 1979 desde varios millones de Km, por la sonda espacial Viajero 1, de la NASA; se distinguen La Gran Mancha Roja (R) y los satélites Io (I) y Europa (E). 18: Imagen del planeta Saturno, captada en 1991 por el Telescopio Espacial Hubble, de la NASA, en órbita alrededor de la Tierra.

nes cada vez más impresionantes que parecerían ser producto de la fantasía. Seguramente las imágenes del futuro estarán más allá de todo lo imaginable.

Nota: todas las fotografías incluidas en esta comunicación son de Miguel Ulloa y Samuel Aguilar, excepto cuando se indica de otra manera.

Agradecimientos

Con gusto agradezco a las siguientes personas la ayuda para la realización de este trabajo: del Instituto de Biología de la UNAM, al Biól. Samuel Aguilar por su buena disposición en la búsqueda de información bibliográfica, obtención de fotografías, atinadas sugerencias y constante interés en el progreso del trabajo; a la M. en C. Elvira Aguirre, Dra. Patricia Lappe, Biól. Sara Fuentes y Biól. Carmen Loyola por facilitarme varios libros. Al Dr. Carlos del Río por permitirme fotografiar una réplica del microscopio de Leeuwenhoek y por brindarme sus interesantes comentarios. A la Dra. Gloria Koenigsberger, Directora del Instituto de Astronomía de la UNAM, por proporcionarme varias fotografías obtenidas por el Telescopio Espacial Hubble de la NASA. Y a la Dra. Carmen Calderón del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, por la revisión crítica del manuscrito.

Bibliografía

- Ainsworth, G.C., 1976. **Introduction to the History of Mycology**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bracegirdle, B., 1978. **A History of Microtechnique**. Science Heritage Limited, Lincolnwood.
- Delly, J.G., 1988. **Photography Through the Microscope**, 9a. ed. Eastman Kodak Co., Nueva York.
- Goldstein, J.I. y H. Yakowitz, (eds.), 1975. **Practical Scanning Electron Microscopy**. Plenum Press, Nueva York.
- Hawksworth, D.L., P. M. Kirk, B. C. Sutton y D. N. Pegler, (eds.), 1995. **Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi**, 8a. ed. CAB International, Cambridge.
- Herrera, T. y M. Ulloa, 1990. **El Reino de los hongos: micología básica y aplicada**. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Prideaux, T., 1986. **El hombre de Cro-Magnon**. Ediciones Culturales Internacionales, México, D.F.
- Sagan, C., 1980. **Cosmos**. MacDonald Futura Publishers, Londres.
- Langford, M.J., 1984. **Tratado de fotografía**. Omega, Barcelona.
- Ulloa, M., 1991. **Diccionario ilustrado de micología**. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
- Ulloa, M. y T. Herrera, 1994. **Etimología e iconografía de géneros de hongos**. Cuadernos IBUNAM 21, México, D.F.

Recibido: 15 de octubre, 1997. Aceptado: 24 de octubre, 1997.
Solicitud de sobretiros: Miguel Ulloa.