

BIODEGRADACION DE OBRAS DE ARTE. HONGOS IMPLICADOS EN LA DEGRADACION DE LOS FRESCOS DEL MONASTERIO DE LA RABIDA (HUELVA).

C. SAIZ-JIMENEZ & R.A. SAMSON

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, C.S.I.C., Apartado 1052, Sevilla.
Centraalbureau voor Schimmelcultures, P.O. Box 273, Baarn, Holanda.

RESUMEN

Como parte de un proyecto de restauración de la sala Vazquez Diaz, se ha realizado un estudio microbiológico de los frescos para conocer la naturaleza de la invasión microbiana con objeto de combatirla. En este trabajo se presentan resultados preliminares obtenidos en el estudio de la microflora fúngica.

SUMMARY

As part of the project for the restoration of the Vazquez Diaz Sala a microbiological survey of the frescos has been carried out in order to determine the nature of the microbial invasion with the object of controlling it.

The preliminary results obtained in the study of the fungal microflora are presented.

INTRODUCCION

La degradación de las obras de arte no es más que un aspecto de la continua transformación que la materia, orgánica o inorgánica, sufre en la naturaleza. Estas transformaciones tienen como fin el evitar que los constituyentes químicos fundamentales se encuentren inmovilizados en estructuras más o menos complejas y sean así sustraídos al ciclo continuo de los elementos. Los

organismos que intervienen en estos ciclos comprenden desde bacterias, hongos y líquenes hasta otras formas de vida más complejas, como los insectos e incluso el hombre. Este ocupa un puesto muy importante, en muchos casos determinante, alterando el equilibrio de la naturaleza y produciendo, por ejemplo, ingentes cantidades de residuos no degradables, que escapan al ciclo de los elementos.

Las causas de alteración de las pinturas murales son múltiples, combiniándose a menudo y creando una de ellas las condiciones favorables para el establecimiento de las otras. De todas, la más importante, por su frecuencia y por la variedad de causas secundarias que desencadena, es la humedad. Sin ella, por ejemplo, no se originarían ciertos procesos químicos de alteración ni se producirían los ataques biológicos cuya actividad, en ciertos casos, conduce a una destrucción de los frescos.

En el caso que nos ocupa se ha observado una excesiva humedad en los muros que soportan los frescos del pintor Vázquez Díaz, en el monasterio de Santa María de la Rábida (Huelva), lo que ha originado la aparición de eflorescencias salinas y la proliferación de una flora microbiana que ha invadido los murales y deteriorado la original policromía del conjunto.

Como parte de un proyecto destinado a la restauración de la sala Vázquez Díaz, se ha llevado a cabo un estudio microbiológico de los frescos para conocer la naturaleza de la invasión microbiana y posibilitar una acción eficaz frente a los complejos fenómenos físico-químicos y biológicos que han originado la degradación de tales pinturas.

Aunque la microflora existente en los frescos es una mezcla compleja de diversos tipos de microorganismos (bacterias autótrofas, bacterias heterótrofas, actinomicetos y hongos), en este trabajo se presentan resultados preliminares obtenidos en el estudio de la microflora fúngica.

MATERIAL Y METODOS

La toma de muestras se efectuó según las técnicas usuales, tales como recogida de micelios directamente de los frescos con asa de siembra estéril, raspado de la capa superficial con espátula estéril o aplicación de un hisopo estéril sobre las eflorescencias e inoculación inmediata en medios sólidos y líquidos. También se utilizó la aplicación directa de una película de agar nutritivo, en placa de Petri, sobre el fresco. Las muestras inoculadas se llevaron al laboratorio donde se incubaron en estufa a 25°C y oscuridad. Estas se estudiaron diariamente y se fueron transfiriendo subcultivos anéxicos a tubos con medios de cultivo apropiados, tales como Czapek-Dox-agar, extracto de

malta-agar o extracto de patata-agar, en los cuales se observaron sus características morfológicas y culturales y se identificaron los hongos.

La observación directa de pequeños fragmentos del fresco permitió el estudio "in situ" de los microorganismos y de su forma de ataque. Se utilizaron para ello microscopios electrónicos de barrido Hitachi, modelos HHS-2R y SSM-2A. Las muestras, secadas al aire, se recubrieron de carbón y oro antes del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

La figura 1 muestra a la izquierda parte del mural de La Despedida y a la derecha del Colón Soñador. En ella se observa una amplia zona de eflorescencias salinas, producidas por la humedad de infiltración procedente del muro exterior, así como un crecimiento fúngico, en forma de manchas de color verde oscuro, distribuidos irregularmente y que ha ocasionado exfoliaciones y cráteres en la pintura. La figura 2 muestra esta zona con mayor detalle.

En el lado opuesto de la sala se encuentra el mural de Los Monjes; en el que las eflorescencias están ampliamente representadas (figura 3). Existen también unas zonas en las que aparecen pequeñas manchas que cubren determinadas superficies, como la cabeza de Colón (figura 4) o la jamba de la puerta del cementerio, producidas por la humedad de condensación. Cuando estas manchas o las eflorescencias se eliminan mediante un suave cepillado se puede observar una pérdida de la intensidad del color original, que corresponde a una alteración del pigmento. Este tipo de manchas ha sido atribuidas por algunos autores al crecimiento bacteriano (Lazar, 1971; Lazar y Dumitru, 1973) aunque más bien corresponden a una deposición de sales que puede favorecer dicho desarrollo.

El mural de Las Levas es el más interior y de menor humedad, donde únicamente aparece una alteración en forma de pequeñas manchas negras muy poco extendidas.

Los repetidos aislamientos e identificaciones de los hongos se muestran en la tabla 1. En todos los murales las eflorescencias están constituidas por un conjunto de sales inorgánicas en las que destaca el sulfato cálcico junto a cantidades menores de cloruros y nitratos. De ellas se aísla reiteradamente los hongos *Cladosporium sphaerospermum* y *Engyodontium album*, mientras que los restantes solo lo fueron en muy contados casos. En el mural de Las Levas solo apareció *Cladosporium sphaerospermum*, responsable de las manchas oscuras, lo mismo que en el mural de La Despedida, aunque en este último caso aparecía acompañado de otros hongos.

En el ataque fúngico a los frescos pueden distinguirse dos procesos diferenciados:

- a) Crecimiento superficial, con una escasa o nula alteración de la superficie pictórica.
- b) Crecimiento en profundidad con grave alteración de la estructura del fresco.

En el primer caso, la alteración producida es principalmente de tipo estético, por la aparición de manchas que pueden modificar el cromatismo original de la pintura. Los hongos aislados en las zonas de eflorescencias, microhabitats que favorece el desarrollo de una micoflora oportunista, procedente del aire, podrían pertenecer a este tipo.

El crecimiento en profundidad, con penetración de las hifas en el interior de la estructura, ocasiona un grave deterioro del estrato pictórico, ya que debido al propio metabolismo del hongo y a la excreción de sus productos metabólicos se pierde la cohesión del material, produciéndose exfoliaciones y cráteres. Esta acción es típica de *Cladosporium*, como se observa en la figura 2.

En la figura 5 se observa un ejemplo de crecimiento en superficie en una eflorescencia, mientras que la figura 6 presenta el aspecto del desarrollo de *Cladosporium sphaerospermum* en una de las zonas de manchas oscuras, en la que junto a las hifas aparecen conidios de dos células, ovales, lisos, estreñidos por un septo. La penetración en profundidad se muestra en la figura 7.

El hecho de que una especie de *Cladosporium* sea la más frecuentemente aislada de los murales no es sorprendente, ya que existen varias citas de este tipo. Así, Giacobini y Lacerna (1965) concluyeron que un *Cladosporium* era el responsable de la alteración de los frescos de la casa de Livia, en Roma-Palatino. Hyvert (1966) aisló un *Cladosporium herbarum* implicado en la alteración de un templo de arenisca camboyano. Ionita (1973) estudió la micoflora de frescos de monasterios de Moldavia, identificando en las manchas negras y frescos degradados *Cladosporium herbarum*, *Engyodontium album*, *Penicillium chrysogenum* y dos especies de *Chaetomium*, entre otros hongos. Por último, Tiano y Gargani (1976) en unas investigaciones sobre frescos florentinos identificaron *Cladosporium cladosporioides*, *C. sphaerospermum* y *C. herbarum*, además de diversos *Penicillium* que fueron los hongos más frecuentemente aislados. En general, mientras las especies de *Cladosporium* son las más abundantes en el aire de espacios abiertos, las de *Penicillium* lo son en el interior de edificios, lo que podría explicar la presencia de estos hongos sobre murales.

Hueck-van der Plas (1968) considera que el desarrollo de hongos sobre sustratos inorgánicos podría deberse al hecho de que estos microorganismos

pueden vivir en muy pequeñas cantidades de sustancias orgánicas, presentes accidentalmente en la superficie del sustrato, o a que no todos los materiales empleados en la confección del fresco son puramente inorgánicos, sino que contienen impurezas orgánicas.

Por otra parte, Tribe y Mabadeje (1972) observaron el crecimiento de diversos hongos en medios minerales sin fuente de carbono, considerando que, a menos que se invoque una fijación directa del carbono, éste debe provenir de las sales minerales, agua, aire o vidrio. Como se tomaron todas las medidas necesarias para eliminar este aporte del agua y vidrio, y puesto que los niveles hipotéticos de contaminación orgánica de las sales minerales eran despreciables, argumentaron que los nutrientes necesarios habrían de ser suministrados por los compuestos volátiles presentes en el aire. En este sentido, Rasmussen y col. (1968) demostraron la presencia de compuestos orgánicos volátiles en el aire, procedentes de plantas (hidrocarburos y terpenos) y la estimulación del crecimiento de hongos, interpretando que existe un proceso mediante el cual los micelios fúngicos absorben directamente cantidades trazas de compuestos orgánicos arrastrados por el vapor de agua del aire. En consecuencia, la existencia de una atmósfera contaminada en la zona donde se ubica el monasterio con una posiblemente apreciable cantidad de compuestos orgánicos volátiles procedentes de las refinerías de petróleo (hidrocarburos, aldehídos, ácidos orgánicos) y de la fábrica de pulpa de celulosa (derivados orgánicos del azufre) contribuirían al desarrollo de los hongos presentes en los frescos.

La existencia de elevados niveles de dióxido de azufre y otros derivados del azufre orgánico e inorgánico, procedentes de las distintas industrias de los alrededores, conducen a la estimulación directa de una microflora bacteriana del ciclo del azufre existente en los frescos (cuya presencia ha sido demostrada experimentalmente) y que representa un aporte de materia orgánica, que por autólisis liberaría los compuestos orgánicos necesarios para el crecimiento de otras bacterias heterótrofas y de los hongos.

En cualquiera de los dos casos, la contaminación atmosférica y la humedad han sido los factores desencadenantes de la importante colonización fúngica encontrada en estas pinturas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los Dres. Pilar Candau y F. Bernier las facilidades para la obtención de las fotografías del microscopio electrónico de barrido y a D. Carlos Ortega la reproducción de las restantes.

TABLA 1

Localización de la toma de muestras, aspecto del mural e identificación de las especies de hongos

Lugar de la toma	Aspecto macroscópico	Especies de hongos aisladas
MURAL DEL COLON SOÑADOR		
Cabeza de Colón	Eflorescencias blancas	<i>Engyodontium album</i> (Limber) de Hoog <i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzig <i>Penicillium verrucosum</i> var. <i>cyclopium</i> (Westling) Samson, Stolk y Hadlok <i>Penicillium nigricans</i> Bainier <i>Cunninghamella echinulata</i> (Thaxter) Thaxter
MURAL DE LOS MONJES		
Dintel de la puerta	Eflorescencias blancas	<i>Engyodontium album</i> (Limber) de Hoog <i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzig <i>Penicillium decumbens</i> Thom
Grupo de monjes	Manchas oscuras	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzig

 MURAL DE LAS LEVAS

Torre del campanario y zona superior del mural	Manchas oscuras	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzig
--	-----------------	---

MURAL DE LA DESPEDIDA

Zona derecha del mural	Eflorescencias blancas	<i>Engyodontium album</i> (Limber) de Hoog <i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzig <i>Chaetomium</i> sp.
Figura encima de la firma de Vázquez Díaz	Manchas oscuras	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzig <i>Engyodontium album</i> (Limber) de Hoog <i>Penicillium chrysogenum</i> Thom <i>Penicillium frequentans</i> Westling

BIBLIOGRAFIA

- GIACOBINI, C. y LACERNA, R. (1965) Problemi di microbiologia nel settore degli affreschi. Boll. Ist. Cent. Restauro, 1965:83-108.
- HUECK-VAN DER PLAS, E. H. (1968) The microbiological deterioration of porous building materials. Int. Biodetn. Bull.4:11-28.
- HYVERT, G. (1966) Note sur *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, isolé du temple de Banteay Srei. Rev. Mycologie, 31:176-178.
- IONITA, I. (1973) Contribution to the study of the biodeterioration of work of art and historic monuments. IV. Fungi involved in the deterioration of mural paintings from the monasteries of Moldavia. Rev. Roum. Biol. Botanique, 18:179-189.
- LAZAR, I. (1971) Investigations on the presence and role of bacteria in deteriorated zones of Cozia monastery painting. Rev. Roum. Biol. Botanique, 16:437-444.
- LAZAR, I. y DUMITRU, L. (1973) Bacteria and their role in the deterioration of frescoes of the complex of monasteries from northern Moldavia. Rev. Roum. Biol. Botanique, 18:191-197.
- RASMUSSEN, R.A., HUTTON, R.S. y GARNER, R.J. (1968) Factors in establishing microbial populations on biologically inert surfaces. *Cn Biodeterioration of Materials*. A.H. Walters y J.J. Elphick, eds. Elsevier Pub. Co., Amsterdam, pp. 79-98.
- TIANO, P. y GARGANI, G. (1976) Controlli microbiologici su alcuni affreschi fiorentini. Atti Convegno a 10 anni dell'Alluvione, Firenze, 21 p.
- TRIBE, H.T. y MABADEJE, S.A. (1972) Growth of moulds on media prepared without organic nutrients. Trans. Br. mycol. Soc. 58:127-137.



Figura 1.- Mural de La Despedida

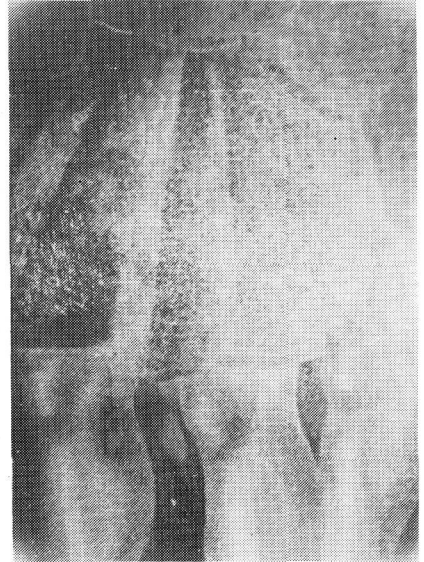


Figura 2.- Detalle del mural de La Despedida



Figura 3.- Mural de Los Monjes



Figura 4.- Mural del Colón Soñador. Detalle

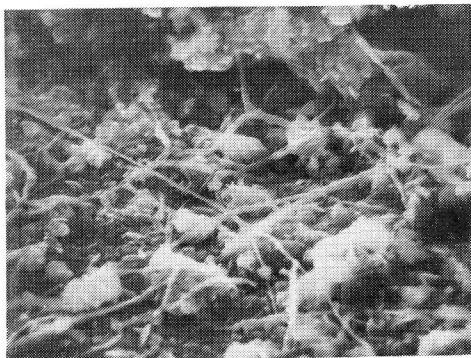


Figura 5.- Crecimiento de hongos en superficie. $\times 2.500$

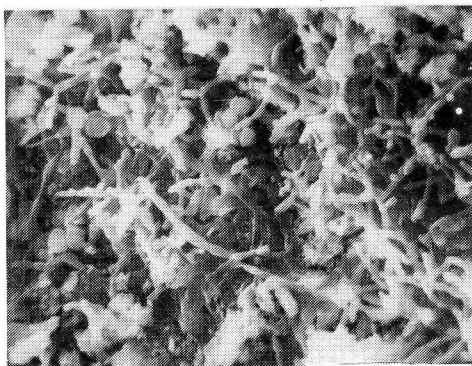


Figura 6.- Hifas y esporas de *Cladosporium sphaerospermum*. $\times 5.000$



Figura 7.- Hifas de hongos en profundidad. $\times 10.000$

NOTA PARA LOS AUTORES

- 1.- Botánica Macaronésica publica trabajos científicos originales en español o inglés dentro del tema de botánica descriptiva y experimental relacionada principalmente con la región Macaronésica (Islas Canarias, Madeira, Azores, Islas de Cabo Verde e Islas Salvajes).
- 2.- Los trabajos se aceptan para su publicación bajo el asesoramiento al menos de un arbitro independiente.
- 3.- Los manuscritos presentados deberán ajustarse al estilo utilizado en el presente número. Deberá incluirse un conciso resumen en español e inglés.
- 4.- Los manuscritos deberán ser mecanografiados a doble espacio en folio tamaño holandesa, escribiendo solamente en una cara del papel.
- 5.- Los nombres científicos en latín deberán subrayarse con una sola línea; todas las demás marcas deberán dejarse a los editores.
- 6.- Se aceptan fotografías en blanco y negro, así como grabados de buena calidad en cualquier tamaño como material ilustrativo, pero deberá tenerse en cuenta que una vez procedida a la reducción al formato de la revista tales ilustraciones aparecerán en un formato máximo de 12 cm. de ancho por 18 cm. de alto.
- 7.- Los manuscritos deberán enviarse al Editor de Botánica Macaronésica, Jardín Botánico "Viera y Clavijo", Apartado de Correos nº 14, Tafira Alta, Las Palmas de Gran Canaria - 17, (Islas Canarias), España.
- 8.- Los autores recibirán 50 separatas gratis y también pueden encargar más de antemano, a precio de costo.

INDICE

	Pgs.
Presentación	3
Introducción	4
Irene La-Serna Ramos & Concepción Sáenz Laín. Estudio morfológico del polen en el género <i>Bystropogon</i> L'Hér. (Lamiaceae)	5
Alicia Roca Salinas. Palinología del género <i>Cedronella</i> Moench (Labiatae) ...	17
C. Pardo. Morfología polínica de <i>Seseli Webbii</i> Coss. (Umbelliferae)	27
Julia Pérez de Paz. Estudio preliminar del polen de los géneros maçaronésicos <i>Bencomia</i> , <i>Marcetella</i> y <i>Dendriopterium</i> (Rosaceae: Sanguisorbeae)	41
C. Lado & G. Moreno. Estudios sobre <i>Myxomycetes</i> V. Notas sobre Gran Canaria, Islas Canarias	59
Jose Luis García-Manjon & Gabriel Moreno. Estudio sobre <i>Basidiomycetes</i> II (Notas sobre algunos hongos de la isla de Gran Canaria, Islas Canarias)	71
M. L. Díaz & E. Domínguez. Cleistogamia y dimorfismo polínico en <i>Astragalus Cymbaearpos</i> Brot.	79
P. Candau, J. Conde & A. Chaparro. Palinología en <i>Oleaceae</i> , incidencias de su polen en el aire de Sevilla, clínica de la polinosis	89
Gabriel Blanca López. Estudios taxonómicos en el género <i>Centaurea</i> L., sección <i>Willkommia</i> G. Blanca: Palinología	103
I. Fernández & P. Candau. Palinología de <i>Malvaceae</i> en Andalucía	119
M. J. Díez & J. A. Devesa. Contribución al estudio palinológico del género <i>Scabiosa</i> L. (Dipsacaceae) en la Península Ibérica y Baleares	129
P. Candau & A. Soler. Contribución a la palinología de la familia <i>Fumariaceae</i> en la Península Ibérica	147
Juan A. Seoane-Camba & María A. Suárez Cervera. Aportación a la sistemática del género <i>Thymus</i> L. (Labiadas) desde la perspectiva de las características de su polen.	163
J. Pastor. Estudio palinológico del género <i>Allium</i> en la Península Ibérica y Baleares	189
Jose Luis Ubersa. Estudio palinológico del género <i>Nepeta</i> L. en la Península Ibérica e Islas Baleares	215
E. Domínguez & C. Luis Barazal. Algunas consideraciones acerca de la morfología del contorno de las esporas de los helechos del Suroeste de España	231
Pilar López García. Análisis polínico del yacimiento de Los Azules (Cangas de Onís, Oviedo)	243
Blanca Ruiz Zapata & Eduardo Acaso Deltell. Análisis polínico de una turbera localizada en el glaciar de Los Conventos (Macizo Central de Gredos, Avila) .	249
C. Saiz-Jiménez & R. A. Samson. Biodegradación de obras de arte. Hongos implicados en la degradación de los frescos del Monasterio de la Rábida (Huelva)	255