

# Combinación de atmósfera modificada con nitrógeno y baja humedad relativa como método de secado y para inactivación de mohos en documentos contaminados

Ibettis Galán Pacheco  
Amelia Gómez Fernández  
Roberto Ricardo Velázquez  
Julia Caro Castro

---

## RESUMEN

*Este trabajo expone los resultados obtenidos en la evaluación del efecto fungistático<sup>1</sup> de la combinación de atmósfera modificada con nitrógeno y baja humedad relativa en hongos de prueba. Se comprobó que los hongos se inactivan tanto en su fase de espora<sup>2</sup> como micelial,<sup>3</sup> pasando a un estado de latencia. Es por esto, que este procedimiento se recomienda para ser usado como una alternativa para detener el crecimiento y desarrollo de mohos<sup>4</sup> en documentos contaminados especialmente cuando han sufrido daños por agua en caso de accidentes o catástrofes, cuando los otros métodos indicados no sean viables. El nitrógeno puede ser aplicado en bolsas de baja permeabilidad, donde el secado es controlado y de forma gradual, lo que evita además las deformaciones que ocurren en los procesos de secado. Los mohos inactivos se vuelven pulverulentos lo que facilita posteriormente la ejecución de la limpieza.*

## ABSTRACT

*Herein are exposed the obtained results based in the evaluation of the fungus effect from the combination of an atmosphere modified with nitrogen and a related low moisture in test fungus. It was proved that fungus are inactivated in both phases, as spores and as sprout, and then pass to latency. For this reason, when other traditional methods are not suitable, this procedure is recommended to be used as an alternative to stop the growing and development of muss in contaminated documents, in particular when the documents have been damaged by water by any accident or catastrophe. Nitrogen can be applied in bags with a low permeability, where the drying is controlled and gradual, which avoids also the deformations that may occur in drying processes. Inactive moss become dusty, which makes easier afterwards the cleaning process.*

---

## Introducción

**E**l biodeterioro de los materiales causado por los microorganismos es un problema universal y adquiere una mayor importancia en aquellos ecosistemas con condiciones favorables para el desarrollo y crecimiento de los mismos, tales

como las de nuestro país con un clima cálido y húmedo. Es conocido que 65 % de humedad relativa combinada con temperaturas de más de 25<sup>o</sup> C son niveles críticos para el desarrollo de los mohos [1].

- 1) *Fungistático, dicese del agente o de la acción que inhibe el crecimiento de los hongos.*
- 2) *Espora, célula reproductiva de los hongos, capaz de crecer directamente en un nuevo organismo.*
- 3) *Micelio, Talo o aparato vegetativo de los hongos, que está formado por filamentos más o menos ramificados que se llaman hifas.*
- 4) *Moho, desarrollo superior del micelio de un hongo. Nombre que se le da a algunos hongos.*

Accidentes y catástrofes en que los bienes culturales sufren daños por agua, agravan aún más esta situación, y ponen a los objetos en condiciones extremas. En estas circunstancias subsiste el peligro de enmohecimiento de los materiales y en especial en aquellos materiales de origen orgánico como es el papel constituyente de los documentos

El hombre, en su constante lucha por evitar la acción dañina de los microorganismos, emplea diferentes métodos de protección, tales como: biológicos, mecánicos, químicos, físicos y la combinación de los mismos. En la actualidad se aplica internacionalmente las atmósferas modificadas con gases inertes para la desinsectación de objetos contaminados por diferentes plagas, ya que es un método efectivo, barato, no hay riesgo de toxicidad para el personal y el medio ambiente, además de que los materiales tratados no sufren alteraciones físicas o químicas con el tratamiento [2, 3].

**En Cuba, se está aplicando el nitrógeno gaseoso para desinsectar los bienes culturales, fundamentalmente documentos [4], pero aún no se ha aplicado con fines de secado o para la inactivación del desarrollo de microorganismos, fundamentalmente, cuando los documentos han sufrido daños por agua en caso de accidentes o catástrofes, cuando los otros métodos indicados no sean viables.**

Con este trabajo se pretende estudiar el posible efecto fungistático en hongos de prueba, al exponerlos a una atmósfera modificada con nitrógeno y baja humedad relativa, con el objetivo de proponer este método como una alternativa para el secado gradual en documentos contaminados por mohos y su inactivación.

## Materiales y Métodos

*Preparación de las muestras:* Se seleccionaron dos materiales celulósicos, papel (cartón) y textil (lona), que con frecuencia forman parte de la composición de documentos y otros bienes culturales, y que además son materiales muy biodegradables, por lo que los resultados esperados en este estudio se visualizan en un menor periodo de tiempo.

Los materiales utilizados se recortaron en cuadrados de 5 cm<sup>2</sup>. En el caso, del papel se tiñó con azul de metileno hasta lograr una coloración intensa para facilitar una mejor observación microscópica del desarrollo micelial de los organismos. Se evaluó el efecto del colorante en los hongos para excluir la posible inhibición en su desarrollo.

*Preparación del inóculo de los hongos:* Los hongos seleccionados para los ensayos son celulolíticos y son referidos como organismos de prueba en diferentes normas extranjeras: Norma TAPPI T487s-54 y la BS 3065-89. Las cepas utilizadas fueron *Aspergillus niger* Van Tieghem, *Aspergillus versicolor* (Vuill) Tiraboshi; *Aspergillus terreus* Thom, y *Penicillium chrysogenum*, aisladas de papel y textil y procedentes del cepario del Instituto de Historia de Cuba. La inoculación se hizo siguiendo la norma TAPPI T487s-54.

*Condiciones experimentales:* Los ensayos se realizaron en una cámara de anaerobiosis SA-203 para facilitar la extracción de las muestras. Se utilizó una atmósfera de nitrógeno gaseoso a 97% con una humedad relativa de 55%, parámetros similares a los logrados en una bolsa de polietileno de baja densidad (PEBD) y de 250 micras de espesor. Este material es comercializado en Cuba por la Empresa de Plásticos Industriales.

Se evaluó el efecto del tratamiento en las fases de espora (variante A) y micelial (variante B), atendiendo a los estadios biológicos por los que atraviesan los hongos durante su desarrollo y crecimiento; espora, germinación de la espora, desarrollo del micelio, y formación de las estructuras de reproducción y su maduración.

En la variante A, las muestras se colocaron en la cámara inmediatamente después de la inoculación,

durante 28 días. En el caso de la variante B, primeramente las muestras se expusieron a condiciones óptimas para lograr el desarrollo del micelio fúngico (atmósfera saturada de vapor de agua) y luego fueron sometidas al tratamiento con nitrógeno en la cámara de anaerobiosis. Los controles fueron inoculados e introducidos en una desecadora con una atmósfera saturada de vapor de agua, durante 28 días.

*Método de evaluación:* Mediante observaciones microscópicas y periódicas de las muestras controles se observó el desarrollo y crecimiento de los hongos independientes y su mezcla, con vistas a determinar los cambios ocurridos en los estadios de su ciclo biológico ante el tratamiento ensayado. Las restantes muestras al ser extraídas de la cámara fueron evaluadas por el mismo criterio y de esta forma podíamos valorar si el tratamiento ejercía un efecto inhibitorio o letal en los organismos ensayados.

## Resultados y Discusión

En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo biológico realizado en papel y textil, con las variantes experimentales (A y B), que fueron sometidas al tratamiento combinado de atmósfera modificada con nitrógeno gaseoso y baja humedad relativa. Los resultados se comparan con su control.

Al extraer las muestras de la variante A no se observó indicio alguno de desarrollo fúngico en ningunos de los materiales. A partir de este resultado se puede plantear que las condiciones de anaerobiosis y de baja humedad relativa no propiciaron la germinación de las esporas. Al comparar estas muestras con sus controles se apreció una inhibición en su desarrollo biológico ya que, al ser incubadas a una atmósfera saturada de humedad, germinaron y se desarrollaron.

Estos nos indicó que las esporas mantuvieron su viabilidad.

Las muestras de la variante B, al ser extraídas, se observó que se mantuvieron en las fase micelial debido a que no desarrollaron las estructuras de reproducción aunque sí se apreció en el micelio cambios morfológicos. Este cambio se caracterizó por la pérdida de su turgencia típica, pero al ser incubados en condiciones óptimas de extrema humedad relativa, los micelios recuperaron su morfología característica y desarrollaron las estructuras de reproducción. Como en el caso, anterior el micelio no se afectó por el tratamiento impuesto.

De estos ensayos se puede concluir que las atmósferas inertes con un elevado porcentaje de nitrógeno gaseoso, 97% y baja humedad relativa, de 55% solo provocan en los hongos un efecto inhibitorio (fungistático) y por ende su inactivación.

Los hongos filamentosos son aerobios<sup>5</sup> estrictos y obtienen su energía fundamentalmente a través de la respiración aeróbica [5]. Por ende, las atmósferas modificadas con gases inertes como el nitrógeno, que presenten un bajo porcentaje de oxígeno y una baja humedad relativa afectan la actividad biológica de estos microorganismos [6].

Los resultados de este trabajo coinciden con los obtenidos por Brokerhof, Valentin [3-6]. donde se pone de manifiesto que el uso de las atmósferas modificadas es menos efectiva para el tratamiento de los microorganismos. Aunque, el crecimiento puede detenerse, las esporas de los hongos pueden sobrevivir ante condiciones desfavorables y mantenerse viables por muchos años. No obstante, a ello, el hecho de que los hongos se mantengan en estado de latencia, tanto en la fase de espора como

5) Aerobios, dicese del organismo que, para vivir y multiplicarse, necesita la presencia de aire o de oxígeno libre.

**Tabla 1. Comportamiento de los hongos de prueba ante el tratamiento estudiado en los sustratos seleccionados**

Sustrato	Variante A	Variante B	Control
Papel	-	-	+
Textil	-	-	+

**Leyenda:**

- no se apreciaron cambios en los estadios biológicos.
- + crecimiento fúngico positivo

en la micelial, impide el biodeterioro de los materiales. Además su inactivación temporal posibilita minimizar los riesgos de infección del personal que manipula los materiales contaminados y a su vez, se facilita la limpieza técnica de las colecciones.

**Es necesario enfatizar que la limpieza de los materiales contaminados solo debe iniciarse después de inactivar los mohos. La meta de estos procedimientos es suspender su crecimiento. El moho inactivo es seco y polvoriento y se aspira fácilmente, por lo que hace más eficiente esta labor [7].**

Para el secado de documentos mojados por agua existen varios métodos: secado al aire, deshumidificación, secado por congelación, secado térmico al vacío y secado por congelación al vacío [8]. El secado al aire y la deshumidificación son los menos costosos pero requieren de determinadas condiciones, por ejemplo, para el secado al aire, se necesita un gran espacio para esparcir los libros o documentos abiertos, que sea ventilado y a la vez protegido para evitar nuevos accidentes por agua.

Cuando ninguno de los métodos de secado antes expuestos pueda ser aplicado, este método de atmósfera modificada de nitrógeno combinada con baja humedad puede ser considerada como otra opción aplicable.

Este tipo de tratamiento con el empleo de plástico de barrera, puede ser utilizado en cualquier condición, tamaño, forma y ubicación del objeto a tratar, de ahí las ventajas que se le confieren a las atmósferas modificadas con gases inertes como el nitrógeno. Por otro lado, representa una opción posible y ventajosa, debido a que no es tóxico, no produce alteraciones en los objetos tratados, se encuentra disponible en el país y tiene un bajo costo.

Se puede considerar este método de atmósferas modificadas con nitrógeno, como una alternativa para el tratamiento de las colecciones y bienes culturales contaminados con microorganismos, principalmente por hongos, que son los que con

más frecuencia deterioran a los materiales en archivos, bibliotecas y museos. De esta manera, al ser inactivados los agentes microbianos, se evita su proliferación en los materiales y con ello, se impide su destrucción. Además, se minimizan los riesgos para el personal, usuarios y trabajadores, durante la manipulación de los bienes culturales, que presenten cualquier indicio de crecimiento fúngico.

## Conclusiones

- La utilización de una atmósfera de nitrógeno de 97% y humedad relativa de 55% provoca un efecto fungistático en el crecimiento y desarrollo de los hongos, y los mantiene en un estado de latencia.
- Este método es una alternativa como método de secado en materiales mojados para evitar su enmohecimiento y como método de inactivación de hongos en objetos ya contaminados.

## Referencias

- 1) Invasion of the Giant Mold Spore Solinet Preservation Leaflets [Updated version of Sandra Nyberg's leaflet of November 1987] [en línea]. Disponible en: <<http://palimpsest.stanford.edu/byauth/nyberg/spore.html>>. [Consulta: octubre de 1999]
- 2) Valentín, N. y F. Preusser. Insects control by inert gases in museums, archives and libraries. *Restaurator*. Copenhagen, (11):22-23, 1990.
- 3) Brokerhof, A. W. Control of fungi and insects in objects and collections of cultural value. Florian. Amsterdam, Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, 1989. pp. 10-39.
- 4) Gómez, A *et al.* Conceptos que cambian nos imponen nuevos retos: Utilización de gases inertes, una opción ventajosa para la desinsectación de documentos. *Ciencias de la Información*. La Habana, (30)(3-4): 49-54, 2000.

- 5) Casadesus, L *et al.* Libro de Micología; respiración. La Habana. 1985, p. 409.
- 6) Valentín, N., M. Lidstrom y F. Preusser. Microbial control by low oxygen and low relative humidity environment. *Studies in Conservation*. London, 35:222-230, 1990.
- 7) Olcott, L. Como combatir una invasión de moho – pautas para una intervención en caso de desastre. Traducción del Boletín Serie Técnica No. 1: Centro para Conservación de Arte y Artefactos Históricos (CCAHA) [en línea], Philadelphia, Website: <<http://www.ccaha.org>>. [Consulta: junio del 2000].
- 8) Manual de Preservación de Bibliotecas y Archivos del Northeast Document Center. Fascículo 3, Manejo de emergencias. *Conservaplan*, Documentos para Conservar, Biblioteca Nacional de Venezuela. Caracas, 1998

## Normas de ensayos biológicos.

BS 6085: 1992. Methods for determination of the resistance of textiles to microbiological deterioration.

JIS Z 2911:1992. Methods of test for fungus resistance.

TAPPI T 487 ts-54: 1954. Fungus resistance of paper and paperboard.

*Recibido: 29 de marzo del 2004.*

*Aprobado: 6 de mayo del 2004.*

---

**Ibettis Galán Pacheco**

Biblioteca Nacional "José Martí"  
Ave. Independencia entre 20 de mayo y Aranguren.

Plaza de la Revolución.  
CP 10400. La Habana. Cuba.  
Correo electrónico: <[conservación@bnjm.cu](mailto:conservación@bnjm.cu)>

---