

# Conceptos que cambian nos imponen nuevos retos: Utilización de gases inertes, una opción ventajosa para la desinsectación de documentos

Amelia Gómez Fernández

Luis Montes de Oca Colina

Maritza Dorta Valdés

---

## RESUMEN

*Se presenta el estudio que realizó el Laboratorio de Conservación y Restauración del Instituto de Historia de Cuba para la adaptación de su cámara al vacío de óxido de etileno a gases inertes, en este caso el nitrógeno. Los archivos y las bibliotecas con frecuencia se invaden con plagas de diferentes insectos, cuyo control se basaba fundamentalmente en la aplicación de tratamientos químicos tóxicos entre los que se encuentra el óxido de etileno. Este gas tuvo una amplia utilización en el mundo de la conservación de bienes culturales y en nuestro país se aplicaba en cámaras en diferentes instituciones de archivos y bibliotecas. Al estudiarse posteriormente la inconveniencia de su aplicación debido a su alta toxicidad y al daño a los polímeros constituyentes de algunos materiales se restringió su uso, por lo que estas cámaras quedaron obsoletas. La posibilidad de reutilizar la cámara, en este caso con gas inerte de nitrógeno, conllevó algunas modificaciones en la misma y la estandarización de los nuevos parámetros de trabajo, los que se presentan en este estudio. La aplicación de este método de desinsectación en bienes culturales constituye la primera experiencia en Cuba y demuestra la factibilidad de su empleo.*

## ABSTRACT

*A study carried out by the Laboratory for Conservation and Restoration of the Institute of History of Cuba for the adaptation of its vacuum camera from ethylene oxide to inert gases, in this case nitrogen, is presented. Archives and libraries are frequently affected by insects, and its control is principally achieved using toxic chemicals treatment, among them ethylene oxide. This gas was widely used for the preservation of cultural assets and in our country by different archives and libraries. Due to its high toxicity and to polymer damage its use was restricted, and these camerae became obsolete. The possibility of using the camera, in this case with inert nitrogen gas, provoked certain modifications and the standarization of new work parameters. The application of this method in cultural assets is the first experience in Cuba and demonstrate the factibility of its use.*

---

## Introducción

Corría 1978 y los especialistas del futuro Laboratorio de Conservación del Instituto de Historia de Cuba estaban muy ocupados en su concepción y montaje. Laboratorios de reprografía de los materiales documentales y químico para el diagnóstico de los daños a las colecciones eran parte sustancial del

proyecto, junto a los tradicionales talleres de restauración y encuadernación.

Por aquellos tiempos los criterios para el control biológico en las colecciones se basaban fundamentalmente en la aplicación de biocidas y desinfectantes de amplio espectro. El óxido de etileno, agente esterilizante, se anunciaba al mundo

de la conservación como la solución al problema. Numerosos países de Europa y Estados Unidos lo aplicaban en cámara al vacío y se da el caso de España, donde se utilizaba en carros móviles, para llevarlo a los archivos y bibliotecas más intrincados.

Adquirir entonces una cámara de óxido de etileno constituía un paso muy importante para toda nueva institución, más aún si tomamos en cuenta los problemas de biodeterioro que enfrenta Cuba, debido a su clima cálido y húmedo, característico de la zona tropical. La inversión no se hizo esperar, se adquirió una cámara Sakura, de fabricación japonesa, que se instaló con todos los requerimientos establecidos.

Así pasaron muchos años de trabajo, en los que la cámara cumplió un papel muy importante en la institución. Por ella pasaban, sin excepción, todos los materiales que entraban en los depósitos de archivo y biblioteca, para garantizar su esterilidad. La cámara pasó a ser un mito y muchos documentos de otras instituciones fueron desinfectados en ella. Muy lejos estábamos de imaginar que el mito de la cámara desaparecería tal y como fueron desapareciendo en la conservación los términos “esterilizar” y “tratamientos químicos tóxicos”, los que se sustituyeron por términos más conservadores y tecnologías sustentables tales como, “control integrado de plagas” y “tratamientos no tóxicos” para el control y erradicación. Estos cambios no son sólo nombres, sino que representan un reto para el quehacer de los especialistas de la conservación.

Esta tendencia apareció a finales de la década del 80, cuando numerosos investigadores principalmente de Estados Unidos y España comienzan a valorar y cuestionarse no solo la no-necesidad de esterilizar, concepto que se había extrapolado de la medicina, sino la inconveniencia de la aplicación del óxido de etileno a las colecciones. Esto último, basado en el grado de toxicidad aguda y crónica para el hombre y su carácter cancerígeno ocupacional potencial, sin contar el daño a los polímeros constituyentes de algunos materiales debido a su alta reactividad [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. La búsqueda en la bibliografía especializada en el tema y su estudio alentaban su prohibición, colocando a los especialistas en la difícil situación de plantearle a la dirección de la institución la inconveniencia de su uso y la necesidad de suspender de inmediato el trabajo de desinfección en la cámara.

La búsqueda de soluciones alternativas y eficaces para el control, llevó a elaborar el Programa para el Control Integrado de Plagas en la institución, donde medidas de carácter preventivo, tales como, limpieza

e inspección, cobrarían especial significación. Se implementaron jornadas sanitarias en las colecciones con el mismo personal de archivo y la biblioteca, previa explicación de la importancia de esta labor.

El control interno hasta cierto punto era posible, mas ¿cómo evitar la entrada de nuevas plagas en las nuevas colecciones? La aplicación de la cuarentena era el primer paso, pero después de detectar la infestación, ¿cuál era el tratamiento curativo adecuado? La búsqueda de información nos condujo a la utilización de las atmósferas modificadas de gases inertes. Los contactos personales con la doctora Nieves Valentín del Instituto del Patrimonio Histórico Español y la referencia de sus investigaciones en el Instituto Getty de Estados Unidos, nos llevó a la convicción de la conveniencia de la aplicación del método.

La fumigación con atmósfera controlada de gas inerte de nitrógeno, con un contenido menor de 0,1% de oxígeno, ha demostrado su eficacia en la eliminación de los insectos por su efecto letal, producido por la anoxia completa en todas las fases del ciclo biológico. Este gas no es tóxico y por su naturaleza es estable y no produce alteraciones en las propiedades físico-químicas y mecánicas en los objetos tratados [8, 9].

El Laboratorio de Conservación y Restauración del Instituto de Historia de Cuba, teniendo en cuenta estos criterios, realizó la adaptación de su cámara de óxido de etileno a gas inerte de nitrógeno. En este trabajo se exponen los ajustes necesarios en la cámara, la estandarización de los nuevos parámetros de trabajo, así como los ensayos realizados.

## Materiales y métodos

Se utilizó:

- Cámara al vacío de óxido de etileno, marca Sakura (Japón) con una capacidad de 0,79 m<sup>3</sup>.
- Balón de nitrógeno, sistema de acople y manorreductor.
- Oxímetro, Systech Instruments, LTD. (Inglaterra).
- Termohigrógrafo, VEB Feingeratbau. República Democrática Alemana.
- Lámina de absorción superficial (LADS), de Tecnología Cuba 9, tamaño 40 X 20 cm. Lámina de cartón corrugado con una capa de zeolita pulverizada como absorbente, regeneración a 140 °C, por 2 horas.

Los insectos de prueba utilizados fueron de los órdenes *Coleoptera* e *Isoptera*. Específicamente los especímenes *Lasioderma serricorne* (Fabricius), *Stegobium paniceum* (Linnaeus), de la familia *Anobiidae*; el *Tribolium castaneum* (Herbst) de la familia *Tenebrionidae*; el *Amblycerus* sp de la familia *Mylabridae*, todos estos de la orden *Coleoptera*. De la orden *Isoptera*, se experimentó con el *Cryptotermes brevis* (Walk) de la familia *Kalotermitidae*.

Los coleópteros, en fase adulto, se colectaron con pinzas planas en almacenes de alimentos infestados, y se colocaron en frascos con el mismo medio alimenticio de donde se colectaron, tales como harina de trigo y frijol. De la familia *Kalotermitidae* (termitas) se colectaron en diferentes maderas infectadas de la institución y se colocaron en peceras de acrílico elaboradas con ese fin.

Con el objetivo de obtener insectos en todas las fases de su ciclo de vida, los ejemplares correspondientes a la especie *Tribolium castaneum* fueron criados en frascos de vidrio de boca ancha, con 10 gramos de harina de trigo estéril, tapados con tela antiáfido de 40 mesh.

Se realizaron pases sucesivos de los adultos entre 13 y 15 días a medio fresco, con una cantidad de entre 20 y 30 adultos por frasco. Los adultos, pupas, larvas y huevos se mantuvieron en un cuarto de siembra adaptado para la cría con ambiente no regulado. La temperatura osciló de 20°C a 30°C y la humedad entre 45% y 85 %, durante los meses de cría.

Se habilitó y se preparó de forma aséptica una cámara de aireación de materiales fumigados. La misma posee un cierre hermético con dos ventanas, que permiten el tiro forzado del aire por medio de un extractor. Las ventanas se protegieron con tela antiáfido de 40 mesh, para evitar la reinfestación o la migración de plagas hacia el exterior.

## Ensayos

Los libros, insectos de prueba, termohigrógrafo y las láminas de absorción superficial, se colocaron en el carro de la cámara y se expusieron al nitrógeno.

Los parámetros prefijados para las pruebas fueron:

- volumen de documentación: 0,2 m<sup>3</sup>;
- número de láminas de absorción superficial: 21;
- pureza de nitrógeno: 99,9 %;
- vacío: 70 cm/Hg;

- presión de salida del balón: 0,9 mBa;
- presión de entrada del nitrógeno: 5 Kk/cm<sup>2</sup>;
- presión interna máxima: 0,6 kg/cm<sup>2</sup>;
- tiempo de anoxia: 7 días (exposición a partir de alcanzar la concentración de oxígeno deseada).

## Resultados y discusión

Las adaptaciones necesarias fueron mínimas. Se requirieron varias pruebas para la estandarización los nuevos parámetros de trabajo, tales como, concentración de oxígeno dentro de la cámara, temperatura, humedad, y número de purgas (vacíos) y barridos (entrada de gas).

Para el acople del balón de nitrógeno a la cámara fue necesario instalar un manorreductor que regulara la presión de salida del gas, además de dos piezas (birolas), para lograr la máxima hermeticidad.

Cuando la cámara funcionaba con el óxido de etileno no era necesario medir la concentración de oxígeno, por lo que no existía ningún sensor que registrara su valor. Al cambiar el sistema a nitrógeno, se necesita un nivel mínimo de oxígeno para producir realmente la anoxia. Es por esto, que fue necesario acoplar un oxímetro a la cámara. En la misma se detectó la presencia de un orificio que se mantenía sellado y que nos permitió instalar una tubería con una llave de paso para gases y de esta manera purgar el aire dentro de la cámara y medir la concentración de oxígeno presente.

La concentración de oxígeno, de los balones de nitrógeno (pureza 99,9 %) se determinó que oscilaba de 0,003% a 0,029 %, un valor bastante bajo. Entre el resto de las impurezas presentes se puede encontrar, además, el argón, que es a su vez un gas noble [9], es mejor que el nitrógeno para este propósito. Por lo anterior podemos decir, que el nitrógeno producido en Cuba en la Empresa de Gases Industriales, cumple con los requisitos de calidad para este trabajo.

En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en la mortalidad de los insectos en los diferentes ensayos y las condiciones experimentales en los mismos.

En referencia a la temperatura, esta varió de acuerdo con el ambiente; sin embargo, en general se mantuvo en el rango de 20°C a 30 °C. Con respecto a la humedad, osciló entre 45% y 75 %, obteniéndose los niveles más bajos en los momentos de hacer los vacíos a la cámara y subiendo paulatinamente hasta

Tabla 1. Mortalidad de insectos y condiciones experimentales en los diferentes ensayos

Ensayo	Temperatura (° C)	Humedad relativa (%)	Número de barridos	Concentración de oxígeno (%)	Mortalidad
1	30	50-65	3	-	100
2	27-28	60-73	3	0,18	100
3	20-25	45-70	2	0,12	100

estabilizarse en los valores máximos. Aunque la humedad inicial estaba en dependencia de la humedad ambiente y, por consiguiente, de la humedad en los materiales dentro de la cámara, la zeolita presente en las LADS absorbía la humedad hasta saturarse, estableciéndose de esta forma un equilibrio dinámico. Esto permitió que los valores nunca llegaran a ser tan altos como en el exterior de la cámara.

Según Valentín [10], mientras mayor es la temperatura y menor la humedad, el efecto de anoxia se incrementa, ya que el metabolismo del insecto se hace más rápido. Además, ocurren los fenómenos de hiperventilación y desecación, siendo este último muy importante en el caso de los huevos.

Como se observó en la tabla 1, en el primer ensayo se trabajó en la cámara con nitrógeno, pero con el mismo sistema operativo del óxido de etileno sin medir oxígeno. En esa prueba se realizaron tres vacíos y se llenó la cámara tres veces hasta alcanzar la presión interna deseada. Después se mantuvo con esa presión de nitrógeno, y a partir de ese momento se contó 7 días de anoxia. Al terminar la prueba, se observó como los coleópteros adultos permanecían inertes en la superficie del medio alimenticio y muchas de las termitas se encontraban impactadas en la pecera debido a que habían salido de sus galerías por la anoxia

Después del mes en la cámara de cuarentena, la harina de los pomos fue tamizada y expurgada la madera, y se pudo comprobar que 100 % de los coleópteros estaban muertos, al igual que las termitas. En el caso de la especie *Tribolium castaneum*, objeto de la cría, pudo comprobarse como el nitrógeno fue efectivo en todas las fases de su ciclo de vida. Murieron de esta especie 200 adultos, 105 con más de 2 meses y 95 jóvenes con 15 días. Entre larvas y pupas se contaron 500 ejemplares. No se detectó viabilidad ninguna en los huevos.

Esta primera prueba demostró que el sistema funciona, pero se consumía prácticamente todo el balón en cada tratamiento. En la segunda prueba, al medir la concentración de oxígeno, podíamos parar el proceso, toda vez se alcanzara la concentración deseada. En esta prueba se realizaron tres vacíos y tres barridos y se alcanzó un valor mínimo de 0,18 % de oxígeno y 100 % de mortalidad en los insectos; sin embargo, nos percatamos que el sistema no tenía hermeticidad y entraba algo de aire. Se conoce que el aire tiene alrededor de 22,4 % de oxígeno, por lo que una mínima cantidad del mismo alteraba el proceso.

En la tercera prueba, y subsanados los problemas anteriores, se midieron periódicamente la cantidad de oxígeno, la presión interna de la cámara y el tiempo transcurrido. Como puede observarse en la tabla 2, después del primer vacío, cuando la cámara está llena de nitrógeno a presión normal, la concentración de oxígeno disminuye a 2,31 % y, al llegar a los 0,6 kg/cm<sup>2</sup> de presión, disminuye a 1,36 %.

Como este valor aún se consideraba alto, se realizó un segundo vacío y un barrido con el mismo proceso y se alcanzó una concentración mínima de 0,12 % de oxígeno, nivel permisible para la anoxia, si se considera que Valentín [9] refirió que en cámara sólo es necesario 3 días de anoxia a 0,05 % y en el caso que nos ocupa se va a extender a 7.

La mortalidad en esta tercera prueba fue igualmente del 100 % y se consumió solo 6 mPa de presión del balón, del total de los 14 mPa cuando está lleno; por lo que un balón puede dar dos tratamientos de fumigación y abaratar de esta forma el proceso.

En resumen, considerando los parámetros de trabajo prefijados para obtener una concentración máxima de 0,12 %, es necesario fijar el resto de los parámetros de la siguiente forma:

- Temperatura: 20-30 °C.

- Humedad relativa: 45-75 %.
- Número de vacíos: 2.
- Número de barridos de nitrógeno: 2.

**Tabla 2. Mediciones en la tercera prueba**

Tiempo (horas)	Presión cámara	Concentración de oxígeno (%)
<b>Primer barrido</b>		
0	-70 cm/Hg	-
3,20	0 (presión normal)	2,31
4,15	0,3 kg/cm <sup>2</sup>	1,63
5,20	0,6 kg/cm <sup>2</sup>	1,36
4,30	0,4 kg/cm <sup>2</sup>	1,60
<b>Segundo barrido</b>		
0	-70 cm/Hg	-
2,40	0	0,20
3,45	0,4 kg/cm <sup>2</sup>	0,15
4,30	0,6 kg/cm <sup>2</sup>	0,12

El cumplimiento de los parámetros de trabajo de la cámara nos permite prescindir de la medición de oxígeno de forma sistemática, y solo comprobar su valor cuando se estime necesario o cuando se observe algún resultado negativo en cuanto a la mortalidad de los insectos contaminantes.

Este estudio y su aplicación nos da la posibilidad de aprovechar una capacidad instalada, con un gas como el nitrógeno que ofrece una opción benévola y ventajosa para la desinsectación de bienes culturales; sin embargo, las posibilidades en su empleo son más amplias, ya que el mismo puede ser aplicado en bolsas de plástico de barrera o baja permeabilidad al oxígeno, que se adaptan al volumen y forma del objeto a fumigar. La utilización de este método de desinsectación en bienes culturales constituye la primera experiencia en Cuba y demuestra la factibilidad de su empleo.

## Conclusiones

Es posible transformar las obsoletas cámaras de óxido de etileno a gas inerte de nitrógeno, con un mínimo de adaptaciones y recursos

Se comprueba la efectividad del método de fumigación con atmósferas modificadas de gases inertes, en este caso el nitrógeno, con 100 % de mortalidad de los insectos de prueba en todas las fases de su ciclo biológico, bajo las condiciones de trabajo de nuestra cámara.

La fumigación con nitrógeno en bienes culturales y, en especial, su aplicación en archivos y bibliotecas, representa una opción posible y ventajosa, ya que no es tóxico, no produce alteraciones en los objetos tratados, se encuentra disponible en el país y tiene un bajo costo.

## Referencias

- 1) Garman, R. H., W. Snellings and R. R. Maronpot. Brain Tumors in F44 Rats Associated with chronic inhalation exposure to ethylene oxide. *Neuro Toxicology* (6): 118-138, 1985.
- 2) Mc. Giffin, R. F. A current status report on fumigation in museums and historical agencies. *Technical Report* (4): 1-15, 1985.
- 3) Smith, R. D. Fumigation Quandary; More Overkill or common sense? *Paper Conservator* (Oxford) : 46-50, 1988.
- 4) Florian, Mary-Lou. The effect on artifact materials of the fumigant ethylene oxide and freezing used in insect control. *En Triennial Conference of the International Council of Museums ICOM'97, Committee for Conservation.*, Sydney, 1987. pp.199-201, 1987.
- 5) Green, L. y V. Daniels. Investigation of the residues formed in the fumigation of museum objects using ethylene oxide. *Recent advance in conservation and analysis of artifacts* (London) :309-313, 1987.
- 6) Trehorel, M. Aspects réglementaires concernant l'utilisation 'oxide d'éthylene incidence sur la conception et la nuse in ceuvre des équipements de désinfection. *En Patrimoine culturel et attention biologiques.* pp. 55-69,1988.
- 7) Brokerhof, A. W. Control of fungi and insects in objects and collections of cultural value. Amsterdam, Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, 1989. pp 10-39.
- 8) 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.

- 9) Valentín, N. Tratamientos no tóxicos de desinsectación con gases inertes. Apoyo. Asociación para la Conservación del Patrimonio Cultural de las Américas (Washington) 5(2):5-6, 1994.
- 10) Valentín, N. Comparative analysis of insects control by nitrogen, argon and carbon dioxide in museum, archive and herbarium collections. *International Biodeterioration and Biodegradation* (Great Britain) (32):263-278, 1993.

## Bibliografía

Peltz, P. y M. Rossol. Safe pest control procedures for museum collections. *Center for Occupational Hazards* (New York) (1):1-8, 1985.

Valentín, N. Contaminación biológica en materiales arqueológicos y su erradicación por medio de tratamientos no tóxicos. *Cuadernos. Conservación Arqueológica. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* :113-120.

Valentín, N. Insect eradication in museums and archives by oxygen replacement, a pilot project. *En 9<sup>th</sup> Triennial Meeting of the*

International Council of Museums ICOM'90, Committee for Conservation. vol. II, Dresden, agosto de 1990. pp. 821-882.

Valentín, N. Biodeterioration of library materials, disinfection methods and new alternatives. *Paper Conservator* (Oxford): 40-45, 1986.

Valentín N. y F. Preusser. Nitrogen for biodeterioration control on museum collections. *Biodeterioration Research* (New York) (3):511-523, 1990.

Valentín N. y F. Preusser. Insects control by inert gases in museums, archives and libraries. *Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material* (Copenhagen) (11):22-23, 1990.

Wellheiser, J. G. *Nonchemical treatment processes for desinfestation of insects and fungi in library collections*. V.G. RFA, Saur, 1992.

*Recibido: 26 de marzo del año 2000.*

*Aprobado: 30 de junio del año 2000.*

---

**Amelia Gómez Fernández**

*Instituto de Historia de Cuba*

*Palacio Aldama*

*Amistad 510 entre Reina y Estrella, Centro*

*Habana.*

*La Habana, Cuba*

---