

ADAPTACION DE UNA CAMARA DE OXIDO DE ETILENO A GAS INERTE DE NITROGENO: UNA OPCION VENTAJOSA PARA LA DESINSECTACION DE BIENES CULTURALES

**Autores: Lic. Amelia Gómez Fernández
Lic. Luis Montes de Oca Colina
Ing. Maritza Dorta Valdés**

ANTECEDENTES

Por la década del 70 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.

El Instituto de Historia de Cuba por aquellos años, adquirió una cámara, la que 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.

Posteriormente conceptos como, “control integrado de plagas” y “tratamientos no tóxicos” para el control y erradicación, fueron valorándose por la comunidad científica como una solución viable y sostenible desde el punto de vista ecológico y toxicológico. 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 sólo la 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 la prohibición del óxido de etileno, por lo que la cámara dejó de usarse. 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, más ¿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.

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.

DESARROLLO

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.

- ❖ **Cámara al vacío de óxido de etileno.** Marca Sakura, japonesa. (Capacidad 0,79 m³)
- ❖ **Balón de nitrógeno, sistema de acople y manoreductor.**
- ❖ **Oxímetro,** Systech Instruments, LTD. England.
- ❖ **Termohigrógrafo,** VEB Feingeratbau. RDA.
- ❖ **Lámina de absorción superficial (LADS).** 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.
- ❖ **Insectos de prueba.**
 - Orden *Coleoptera*
 - Familia *Anobiidae*
 - Lasioderma serricorne* (Fabricius)
 - Stegobium paniceum* (Linnaeus)
 - Familia *Tenebrionidae*
 - Tribolium castaneum* (Herbst)
 - Familia *Mylabridae*
 - Amblycerus* sp
 - Orden *Isoptera*
 - Familia *Kalotermitidae*
 - Cryptotermes brevis* (Walk.)

❖ **Colecta de insectos**

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. Las termitas se colectaron en diferentes maderas infestadas de la institución y se colocaron en peceras de acrílico elaboradas con ese fin

❖ **Cría de insectos**

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 g. de harina de trigo estéril, tapados con tela antiáfido de 40 mesh.

Se realizaron pases sucesivos de los adultos cada 13-15 días a medio fresco, con una cantidad de 20-30 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 20-30 °C y la humedad entre 45-85 %, durante los meses de cría.

❖ **Cámara de cuarentena**

Se habilitó una cámara de aireación de materiales fumigados y se preparó de forma aséptica. 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 LADS, 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 m³

número de LADS → 21

pureza de nitrógeno → 99,9 %

vacío → 70 cm/Hg

presión de salida del balón → 0,9 mBa

presión de entrada del nitrógeno → 5 Kg/cm²

presión interna máxima → 0,6 Kg/cm²

tiempo de anoxia → 7 días (exposición a partir de alcanzar la concentración de oxígeno deseada).

Resultados y discusión

Las adaptaciones necesarias fueron mínimas, requiriéndose varias pruebas para la estandarización de 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 manoreductor 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 y según Valentín, (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 al ambiente, sin embargo en general, se mantuvo en el rango de 20- 30 °C. Con respecto a la humedad, osciló entre 45-75 %, obteniéndose los niveles más bajos en los momentos de hacer los vacíos a la cámara y subiendo paulatinamente hasta 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 observa 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 los 7 días de anoxia. Al terminar la prueba, se observó como los coleópteros adultos permanecían inertes en la superficie del medio alimenticio, y en el caso de las termitas, muchas de ellas se encontraban impactadas en la pecera debido a que habían salido de sus galerías por la anoxia

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

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

Después del mes en la cámara de cuarentena, la harina de los pomos fue tamizada, comprobando que el 100 % de los coleópteros estaban muertos, al igual que las termitas al expurgar la madera. 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 jóvenes con 15 días, 95. 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 fueron midiendo periódicamente la cantidad de oxígeno, la presión interna de la cámara y el tiempo transcurrido. Estos resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Concentración de oxígeno por barridos

Primer barrido

Tiempo (horas)	Presión cámara	Concentración oxígeno (%)
0	- 70 cm/Hg	-
3,20	0 *	2,31
4,15	0,3 Kg/cm ²	1,63
4,30	0,4 Kg/cm ²	1,60
5,20	0,6 Kg/cm ²	1,36

Segundo barrido

0	- 70 cm/Hg	-
2,40	0 *	0,20
3,45	0,4 Kg/cm ²	0,15
4,30	0,6 Kg/cm ²	0,12

* Presión normal.

Como puede observarse, 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/cm² de presión, disminuye a 1,36 %. Como este valor aún se consideraba alto, se realizó un segundo vacío y un barrido, repitiendo el mismo proceso y alcanzando 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 este caso se va a extender a 7.

La mortalidad en esta tercera prueba fue igualmente del 100 % y se consumió sólo 6 mPa de presión del balón, 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 de nuestra cámara, para obtener una concentración máxima de 0.12%, es necesario fijar el resto de los parámetros como sigue:

Temperatura → 20-30 °C

Humedad relativa → 45-75 %

Número de vacíos → 2

Número de barridos de nitrógeno → 2

El cumplimiento de los parámetros de trabajo de la cámara nos permite prescindir de la medición de oxígeno de forma sistemática, comprobando su valor sólo 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 dá 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, adaptándose 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.

Este trabajo demostró que 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, por el 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 oxigen replacement, a pilot project. *En 9 th 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.

DIVULGACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo fue publicado para su divulgación en la Revista Ciencias de la Información vol. 30, No. 3-4, septiembre-diciembre del 2000, con el siguiente título:

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