

---

# Notas del ICC

---

3/3

*Las versiones en inglés y francés de esta publicación, así como sus modificaciones posteriores realizadas por el Instituto Canadiense de Conservación (ICC), se consideran las versiones oficiales. El ICC no asume ninguna responsabilidad por la exactitud o confiabilidad de esta traducción al español.*

## Cómo Controlar las Plagas de Insectos con Bajas Temperaturas

### Introducción

Para matar insectos en las colecciones, actualmente se emplean métodos de control por medio de bajas temperaturas junto a otras técnicas de manejo de plagas.

Muchos insectos se adaptan con el propósito de sobrevivir al frío, sin embargo, se han usado temperaturas bajas para controlar satisfactoriamente las poblaciones de insectos en las industrias peleteras y de alimentos durante más de un siglo. Aunque aún se carece de ciertos conocimientos relativos a la respuesta específica al frío de algunas plagas de insectos en los museos, se sabe lo suficiente como para establecer pautas de tratamiento (Strang, 1992). Dichas pautas se basan en las temperaturas y los tiempos de exposición letales descritos en las publicaciones entomológicas, en los conocimientos acerca de cómo los insectos sobreviven al frío y en el tratamiento exitoso durante las últimas décadas.

### La Respuesta al Frío

Enfriar una sala a menos de +15°C a menudo resulta muy eficaz para hacer más lento o detener el crecimiento, la alimentación y la reproducción de las plagas de insectos en los museos, además de que puede utilizarse como medida temporal para combatir una infestación (Strang, 1992).

A temperaturas cercanas a los 0°C los insectos entran en estado de coma. También se sabe que enfriando hasta llegar a una temperatura justo por encima de 0°C se causan efectos fatales en algunas especies de insectos (por ejemplo, *Lasioderma serricorne*, el escarabajo del cigarrillo), siempre que la exposición al frío dure un buen número de días. No obstante, la mayor parte de las plagas de insectos en los museos se debe enfriar a bastante menos de 0°C, con el fin de reducir el tiempo de exposición necesario para efectivamente matar los insectos que pululan en un objeto dentro de un período razonablemente corto (Strang, 1992).

Las dos principales adaptaciones de los insectos al frío consisten en evitar la congelación y en tolerarla. Los insectos que evitan la congelación lo logran aumentando la concentración de glicerol y azúcares en sus tejidos, para disminuir su punto de congelación. Los cambios metabólicos (aclimatación) y la preparación del habitat requieren un tiempo suficiente para que los insectos sobrevivan a temperaturas tan bajas. Con los métodos de exterminio de bajas temperaturas habitualmente se elimina este período de adaptación.

Los insectos que toleran la congelación lo consiguen controlando la formación de hielo en su cuerpo, para lo cual

vierten una proteína especial, formadora de núcleos en sus fluidos corporales. Estos insectos pueden permanecer congelados durante meses y aun así recuperarse al descongelarse.

Por lo general los insectos no conservan sus sistemas protectores del frío cuando el ambiente permanece relativamente abrigado (las condiciones que se dan a finales de la primavera hasta principios del otoño) pues les significa un costo metabólico. Por tal razón, es preciso determinar la historia de las temperaturas a las cuales fue expuesto previamente el objeto para establecer un período de cuarentena en temperaturas cálidas como precondicionamiento, si el objeto proviene de temperaturas frescas o frías. **Como guía rudimentaria, guarde el objeto un mes a temperatura ambiente para inducir a los insectos a que se deshagan de las sustancias protectoras en su cuerpo.**

Del mismo modo, numerosos insectos alcanzan con rapidez la adaptación a un corto período de frío, eliminando las excretas y el agua de su cuerpo. Comúnmente los insectos se protegen de este modo contra temperaturas de hasta  $-15^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas más eficaces para matar insectos son, entonces, las inferiores a  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Por lo que se sabe, las plagas habituales de los museos no toleran ni evitan suficientemente bien la congelación como para soportar las bajas temperaturas recomendadas con el propósito de erradicarlas (Strang, 1992). El uso de la congelación por parte de la comunidad de los museos para matar cucarachas, polillas de la ropa, pescaditos de plata, carcomas y escarabajos derméstidos ha resultado bastante exitoso. Los fracasos que han sido reportados pueden atribuirse a que la temperatura no se ha reducido lo suficiente para matar la plaga específica, o a que el tiempo de exposición ha sido muy corto (Strang, 1992).

Para matar insectos mediante frío, el objeto debe enfriarse a un punto

inferior a aquél en que los insectos son capaces de protegerse; de lo contrario, se recuperan al elevarse las temperaturas.

**Una pauta importante que ha de seguirse al utilizarla congelación para controlar las plagas de insectos radica en exponerlas a temperaturas lo más bajas posible, de la forma más rápida posible y por el tiempo más largo posible. En términos prácticos, se recomienda un tratamiento a  $-20^{\circ}\text{C}$  por una semana.**

En la Figura 1 aparece la mortalidad a bajas temperaturas de 32 especies de plagas de insectos en museos (según Strang, 1992). Recorra a este gráfico para determinar el tiempo de exposición a una temperatura conocida, o bien a una temperatura requerida para cumplir un programa ya fijado.

### Cómo Seleccionar los Equipos y Establecer los Procedimientos

En la práctica, los sistemas de congelación más efectivos para matar plagas de insectos funcionan entre  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $-40^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, los congeladores comunes para el hogar que funcionan entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $-25^{\circ}\text{C}$  pueden resultar muy eficaces y por lo general son más baratos que los congeladores comerciales. Estos últimos, o bien los congeladores hogareños horizontales de máxima

calidad, habitualmente son capaces de alcanzar tales temperaturas ( $-29^{\circ}\text{C}$ ). Asimismo, los congeladores comerciales "que endurecen los helados", ya sean verticales u horizontales, están diseñados para operar a  $-42^{\circ}\text{C}$ . No cuestan mucho más que los congeladores comerciales normales. Algunos congeladores grandes de laboratorio del tamaño de un cuarto pequeño permiten controlar la temperatura de funcionamiento. Deben preferirse los congeladores de "aire forzado"<sup>1</sup>, ya que su circulación de aire aumenta la velocidad de enfriamiento. No es necesario fijar temperaturas inferiores a  $-40^{\circ}\text{C}$  para incrementar la eficacia de la congelación en la eliminación de insectos.

Una vez establecida la temperatura mínima de operación de un congelador, seleccione un período de exposición apropiado para la erradicación de los insectos remitiéndose a la Figura 1.

1 Los congeladores de aire forzado utilizan ventiladores para aumentar la velocidad de enfriamiento. A menudo se habla en este caso de un congelador "forzado", pero no debe confundirse con los congeladores de rocío de refrigerante "forzado", los cuales se emplean en las plantas empacadoras de pescado.

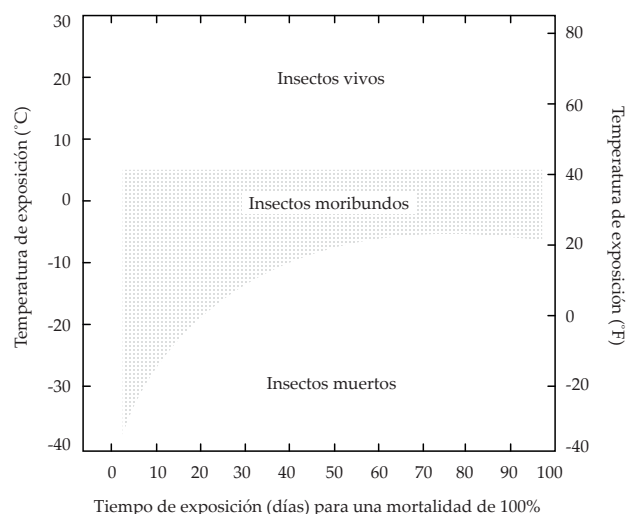


Figura 1

En un congelador, la temperatura del centro de un objeto disminuye a medida que un frente frío se desplaza a través de él<sup>2</sup>. Con una alta velocidad de enfriamiento disminuye la probabilidad de que los insectos puedan adaptarse para sobrevivir a las temperaturas frías. Sin embargo, hay límites en cuanto a la rapidez con que se puede hacer bajar la temperatura.

La única manera de tener algún control práctico sobre la velocidad de enfriamiento consiste en hacer más delgado el objeto; por ejemplo, si se trata de un textil póngalo plano en el congelador en vez de enrollado. No es raro que los objetos de grandes dimensiones, o bien aislados, demoren medio día en alcanzar la temperatura mínima del congelador. Minimizar el número de objetos, aumentar la circulación de aire en el congelador, disminuir las capas y soportes aislantes y exponer al frío la mayor área superficial, son técnicas

que incrementan la velocidad de congelación e intensifican la tasa de muerte de los insectos por bajas temperaturas.

**Mientras más delgado es el objeto, más rápido cambia la temperatura interna. Disminuyendo a la mitad el grosor de los objetos doblados el tiempo de enfriamiento desciende a un cuarto, en tanto que duplicando el grosor se cuadruplica el tiempo de enfriamiento.** Cuando tenga dudas respecto del tiempo correcto para enfriar totalmente un objeto, alargue el tratamiento. Use la Figura 2 con el propósito de calcular el tiempo necesario para enfriar un objeto basándose en su grosor. Observe que el tiempo requerido para reducir a la mitad el cambio total de la temperatura, comúnmente, es de entre un tercio a un quinto del tiempo necesario para llegar a la temperatura final. Con la mayoría de los objetos se logra el equilibrio en menos de un día.

2 Los objetos no se enfrían parejamente. En los gruesos, la temperatura del centro permanece elevada en tanto que aquella de la superficie desciende. Esto significa que los insectos que se encuentran dentro del objeto no toman conciencia del cambio de temperatura hasta que llega el frente. En cuanto a los objetos delgados, al enfriarse con frecuencia experimentan una menor gradiente de temperatura que los gruesos. De tal modo se reduce la tensión térmica sobre los objetos delgados.

Si se utiliza un congelador horizontal en forma continua, el instalar tapas interiores de espuma rígida de poliestireno reduce la entrada de aire caliente al abrirse la puerta principal. Dichas tapas pueden levantarse ligeramente y deslizarse hacia un lado para facilitar el acceso.

Lleve un registro de la temperatura mínima de cada tratamiento de

congelación. En el comercio existen termómetros digitales de precio moderado para interior/exterior, equipados con unos cables largos que permiten determinar la temperatura interior sin abrir el congelador. (Evite la formación de hielo y aumente el frío, cubriendo con cinta la apertura que se observa donde el cable cruza el sello de la puerta).

Ocasionalmente, se ha expresado preocupación por el daño potencial a los objetos al exponerlos a temperaturas bajo cero. No se produce daño por el frío en los objetos cuyo contenido de humedad está en equilibrio con las condiciones ambientales normales de los museos (Strang, 1996).

El riesgo de deterioro crece cuando algunos materiales se enfrían, porque pierden flexibilidad y se vuelven más quebradizos. Hay ciertos materiales comunes, como la goma, los revestimientos de aceite de linaza (pintura al óleo) y los polímeros sintéticos (pintura acrílica, vinilo blando), que se tornan más quebradizos cuando se enfrían a temperaturas entre la temperatura ambiente y -30°C (Michalski, 1991; Mecklenburg, 1991). Por tal motivo, no enfríe objetos tales como pinturas sobre tela. No se obtiene ningún beneficio al descender a menos de -40°C, y sí hay cierto incremento en el peligro para el objeto. Entre -20°C y -40°C existe una posibilidad muy pequeña, aunque real, de que aumenten las grietas en objetos pintados y barnizados. Si la temperatura se fija entre 0°C y -20°C el riesgo es insignificante (Michalski, 1996).

Otros materiales no se vuelven significativamente más quebradizos cuando la temperatura baja a -30°C. En general, los textiles, las pieles, las plumas, el cuero, el papel y la madera no se ven amenazados al exponerse a bajas temperaturas (Strang, 1996). Nota: Proceda con gran precaución al manipular objetos enfriados. La persona que realiza esta tarea puede sufrir quemaduras por el frío, en tanto que el objeto puede

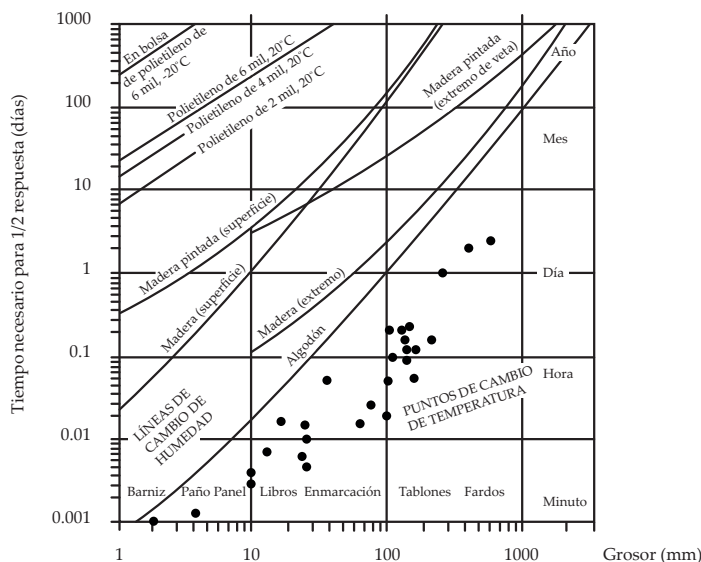


Figura 2

experimentar daños físicos, si el objeto potencialmente resbaloso se deja caer al retirarlo del congelador.

También existe preocupación por dañar el objeto cuando un cambio en la humedad relativa modifica su contenido de humedad, lo que a la vez altera sus dimensiones y posiblemente causa grietas. La tan recomendada práctica de sellar los objetos en bolsas de polietileno antes de enfriarlos permite que los objetos orgánicos (por ejemplo libros, pieles, madera, etc.) controlen su propio ambiente (Strang, 1996). Colocar el objeto en una bolsa para controlar el contenido de humedad es importante, con el fin de aislarlo tanto de las fallas mecánicas en la unidad de refrigeración como de la condensación cuando se retira del congelador. Las bolsas también protegen los objetos delgados de la humedad relativa elevada producida por los ciclos de descongelación<sup>3</sup>.

Al disminuir el volumen de aire en la bolsa se reduce la cantidad de humedad que podría condensarse y congelarse en el objeto, pero esta reducción no es necesaria habitualmente y las bolsas demasiado apretadas podrían dañar los objetos frágiles. (No se recomienda en absoluto succionar el aire de una bolsa con una pajita, debido a la posibilidad de inhalar sustancias contaminadas). Durante la congelación la bolsa se enfría primero y cualquier condensación se forma y congela sobre ella, no sobre el objeto.

---

3 El problema relacionado de daño microbiano a las pieles almacenadas en frío (es decir, -4°C) podría evitarse si se sellaran completamente en bolsas antes de refrigerarlas. En el largo plazo, de todas formas sería preciso asegurarse de que la humedad relativa promedio del congelador se mantuviera bajo 65%, pues las láminas de polímeros son lentamente permeables a la humedad (Figura 2), en tanto que las temperaturas de refrigeración son nominalmente iguales a las condiciones mínimas que permiten cierto crecimiento de microbios. No obstante, el almacenamiento en frío se usó con éxito para impedir los ataques de insectos a las pieles durante el siglo pasado.

En la práctica, dicha condensación se ve muy rara vez. Si le preocupa esta posibilidad, envuelva los objetos sensibles al agua en papel tisú para disminuir la probabilidad de daño.

## Resumen

**Inspeccione** periódicamente los objetos, el material de embalaje, las cajas y sus alrededores. Utilice monitores de zona equipados con trampas adhesivas en toda el área de la colección, con el fin de facilitar la detección (remítase a las Notas del ICC 3/1, *Cómo Evaluar la Infestación de Insectos, Parte I, Métodos de Detección*, y 3/2, *Detección de las Infestaciones, Parte II, Procedimiento y Lista de Control de Inspección de las Instalaciones*).

**Aísle** los objetos infestados de la colección para impedir una mayor infestación de insectos en el museo. Ponga en cuarentena todos los objetos que lleguen, pues ello resulta esencial para la detección precoz y la prevención de las infestaciones. Envuelva los objetos en bolsas antes de apartarlos de la colección, con lo cual ayuda a mantener los insectos en un solo lugar mientras se transporta el objeto. Del mismo modo, le resultará más fácil relacionar la evidencia de excrementos y pieles de insectos con un objeto en particular. Indique las infestaciones en un plano de la sala, con el propósito de guiar los procedimientos de limpieza y documentar el incidente.

**Selle** el objeto en polietileno transparente para permitir la inspección del proceso en cualquier momento. Cierre todas las aperturas de las bolsas con calor o con cinta adhesiva de poliéster. Es preferible el sellado por calor, ya que garantiza que el aire que contiene la bolsa quede aislado de las zonas circundantes. También se emplean cintas adhesivas, bolsas autosellantes o ligaduras de alambre como cierres, pero fallan con mayor frecuencia y pueden crear un sello menos eficaz. El sellado total permite que los objetos orgánicos controlen su ambiente dentro de la bolsa, además de que impide que aumente la humedad por condensación

durante los ciclos de descongelación o fallas mecánicas, o bien al retirar los objetos del congelador (Strang, 1996).

**Preacondicione** los insectos. Si el objeto viene de un clima fresco o frío en el exterior, algunos insectos pueden estar adaptándose al frío del otoño o quizás aún estén adaptados a la primavera. Reducir completamente la capacidad del insecto para soportar la exposición al frío puede tardar varias semanas de exposición a una temperatura ambiente constante. Si el objeto se ha encontrado en temperaturas ambientales cómodas durante semanas, entonces este preacondicionamiento no debería ser necesario. Como se mencionó anteriormente, un mes de exposición a la temperatura ambiente debiera ser suficiente.

**Enfríe** el objeto en un congelador que alcance la temperatura más fría posible. Los congeladores horizontales hogareños funcionan entre -18°C y -28°C, mientras que los comerciales, destinados a alimentos congelados, lo hacen entre cerca de -30°C y -42°C. Incluso si no se alcanza de inmediato una temperatura letal, muchos insectos mueren si se enfrían y se mantienen ligeramente por encima de la temperatura a la cual se congelan. **Mientras más tiempo pasen los insectos en el congelador, mayor será la probabilidad de que mueran. Como mínimo, mantenga el objeto en el congelador a -20°C durante una semana. Si es posible, coloque insectos vivos en un frasco como indicador.** Los termómetros electrónicos para interior/exterior, equipados con una sonda en un cable metálico, resultan útiles para medir la temperatura interior de los textiles o las cajas de libros.

**Retire** del congelador los objetos embolsados, sin dañar el sello correspondiente. **Espere un día a que el objeto alcance la temperatura ambiente.** Toda condensación posible se producirá en el exterior de la bolsa si el sello se hizo y conservó correctamente.



**Ponga en cuarentena** los objetos embolsados y sellados, a temperatura ambiente, para verificar que no revivan los insectos (varios días) ni se desarrollen huevos y crisálidas no observados a simple vista (tres semanas o más). Remítase a las publicaciones sobre control de plagas, para establecer el período total que los insectos necesitan para surgir de los huevos y crisálidas.

**Limpie** los objetos que estén evidentemente contaminados, en un lugar adecuado (por ejemplo bajo una campana de extracción, en una sala de cuarentena, al aire libre). De este modo se evitan las falsas alarmas por infestación al ver cuerpos de insectos u otros signos, una vez que los objetos se han colocado en depósito.

### Notas Finales

No hay peligro de que los materiales sellados en bolsas se dañen con moho, siempre que hayan estado secos (es decir, no húmedos sino en equilibrio, con menos del 65% de humedad relativa) al cerrar las bolsas, y que no se registre una gradiente de temperatura durante su almacenamiento (por ejemplo, que hayan quedado sobre un piso frío en una sala abrigada). En los climas templados, los objetos embolsados se pueden devolver sin riesgo al depósito en sus bolsas, con lo que disminuye en gran medida la posibilidad de reinfestación por insectos que aún vagan por las salas de depósito. Véase en Strang, 1996, un análisis más detallado del crecimiento de moho sobre objetos almacenados en bolsas plásticas.

Si se encuentran insectos vivos al inspeccionar el objeto, éste puede enfriarse por segunda vez. El enfriamiento repetido se usó entre las décadas de 1890 a 1930, cuando no era común que los congeladores funcionaran entre menos de -10°C y -15°C (Strang, 1992). En la práctica, con frecuencia resulta innecesario un segundo enfriamiento si se utilizan temperaturas más bajas, pero esta etapa vuelve a exponer los insectos resistentes a la congelación y debiera

matarlos. Si los insectos no mueren después de ello, quiere decir que estaban previamente aclimatados, que debe disminuirse la temperatura a la cual se enfriaron o que es preciso prolongar el tiempo de exposición.

### Lecturas sugeridas

Michalski, S. *Retrieval From Cold Storage*. Report NI,EDR1612. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 1987.

Michalski, S. "Paintings: Their Response to Temperature, Relative Humidity, Shock, and Vibration". En *Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings*, M.F. Mecklenburg, ed. Washington, D.C.: National Gallery of Art, 1991, pp. 223-248.

Michalski, S. "Freezing of Wood and Parchment", *Paper Conservation News*, N°80 (1996), pp. 11-12.

Ring, R.A. y D. Tesar. "Adaptations to Cold in Canadian Arctic Insects", *Cryobiology*, vol. 18 (1981), pp. 199-211.

Strang, T.J.K. "A Review of Published Temperatures for the Control of Pest Insects in Museums", *Collection Forum*, vol. 8, N°2 (1992), pp. 41-67.

Strang, T.J.K. "The Effect of Thermal Methods of Pest Control on Museum Collections". En *Biodeterioration of Cultural Property* 3. C. Aranyanak and C. Singhasiri, eds. Bangkok: Tailandia (1996), pp. 334-353.

---

Escrito por: Thomas J.K. Strang

---

Versión disponible en inglés y francés en Government of Canada, Canadian Conservation Institute [www.cci-icc.gc.ca](http://www.cci-icc.gc.ca)  
Versión en español disponible en [www.cncr.cl](http://www.cncr.cl)

Versión en español traducida e impresa por CNCR- DIBAM. Traducción financiada por FUNDACIÓN ANDES.

© Government of Canada, Canadian Conservation Institute (CCI), edición en inglés y francés.

© Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR), 2ª ed. en español, 2014.

ISSN 0717-3601

Permitida su reproducción citando la fuente