



1. INTRODUCCIÓN

Las colecciones del Museo Arqueológico San Miguel de Azapa (Arica, Chile) están formadas por material inorgánico y orgánico o biológico, como los cuerpos humanos momificados, y objetos de factura humana de los más diversos materiales. Nuestra preocupación fundamental es conservar este patrimonio bajo condiciones que permitan reducir o erradicar las tensiones medio ambientales y de manipulación cuando son utilizados como objeto de algún tipo de investigación. Sin embargo, existen otros causantes de deterioro tanto y más peligroso que la manipulación y desplazamiento de los materiales. Nos referimos a los insectos, pequeña fauna acompañante de los restos orgánicos, este su habitat ideal, pues pueden alimentarse y reproducirse, consumiendo el sustrato que han invadido.

Las continuas revisiones del material arqueológico depositado en las bodegas y laboratorios del Museo nos llevaron a un descubrimiento nada satisfactorio. Colonias de insectos desarrollándose en cuerpos con momificación natural, han causado enormes e irreversibles deterioros tanto en cuerpos completos como en restos humanos desmembrados.

Estos insectos, identificados a simple vista como coleópteros, son tremendamente voraces en su etapa larvaria causando la total o parcial destrucción del tejido en el que han depositado sus huevos. Esta plaga es capaz de desintegrar y acabar con una importante parte de nuestro patrimonio cultural.

La falta de bodegas herméticas que impidan la entrada de insectos, junto con el control continuo de éstas, mediante la revisión y desinfección del material que ingresa a la colección, ha llevado a la creación de una sala relativamente sellada para depositar los cuerpos momificados natural y artificialmente, con el fin de protegerlos.

Plaga es sinónimo de insecticida, pero aplicar cualquier tipo de insecticida puede ser contraproducente. Puede causar graves daños a nivel ambiental, lo que implica además daños en la salud de los seres vivos, pero también en nuestro caso puede deteriorar las colecciones depositadas en este museo. Por esta razón se ha desarrollado este trabajo, cuyo objetivo es encontrar y aplicar un insecticida, que sea específico para la plaga que esta afectando parte del patrimonio cultural.

¹ Informe preliminar presentado en el marco del proyecto Puesta en Valor de los cuerpos Chinchorro (Fundación Andes / FONDART). Todas las figuras citadas se encuentran en la versión electrónica (www.uta.cl/masma/azeta).

² Departamento de Arqueología y Museología, Museo Arqueológico San Miguel de Azapa. Correo-e: erosello@uta.cl

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Desde los cuerpos infestados de las bodegas se colectaron los insectos (larvas y adultos) para identificarlos y procurar un insecticida específico para la plaga. Una vez colectados fueron llevados a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Tarapacá, al Laboratorio de Entomología, para su identificación. Hubo dudas con respecto a los adultos, por lo tanto fueron dejados para que las larvas alcanzaran su estado adulto y establecer a cuantas especies nos estábamos enfrentando.

Una vez identificadas las familias de los coleópteros se procedió a buscar un insecticida que reuniera dos requisitos: eficaz contra estos insectos e inocuo para las colecciones. Muchos insecticidas ya han sido sacados del mercado o se recomienda no usar, pues a largo o corto plazo dañan la capa de ozono y al ser humano. El plaguicida Actellic (Pirimifos metil), aplicado por la empresa especializada local Desinfecta, fue la primera opción y, posteriormente, se trató parte del material afectado con Esterilene (óxido de etileno), este es un producto utilizado para esterilizar material quirúrgico, no un insecticida, por lo tanto se acercaba más al producto requerido por los objetivos de este estudio: eliminar la plaga sin provocar daños o efectos secundarios.

3. RESULTADOS

3.1 Descripción de la plaga

Con la asistencia de los entomólogos de la Facultad de Agronomía, en forma preliminar, se han podido distinguir dos especies de insectos del Orden Coleoptera pertenecientes a las familias Anobiidae y Dermestidae. Estos insectos han invadido cuerpos humanos momificados que aún conservan músculos y piel. El daño que provocan es inmenso y en algunos casos han llegado a la destrucción parcial de los individuos. Estos insectos que atacan fundamentalmente la carne seca son conocidos, según la literatura, como "gusanos peludos del charqui" (Artigas 1994). Familia Anobiidae

En una primera aproximación se ha podido identificar larvas (Figura 1 y Figura 2) y adultos (Figura 3) de anobidos. Los huevos debido a su pequeño tamaño, y al sustrato granuloso en que convierten los músculos no han sido posibles de encontrar. También ha sido distinguida en su estado pupar (Figura 4). Siguiendo la descripción de Artigas (1994) se ha podido aproximar una identificación preliminar a nivel de género. Por la descripción se trataría de la especie *Stegobium paniceum* (Lineo), comúnmente llamada, entre otros nombres, como "gorgojo del pan", es considerada omnívora, aprovecha cualquier tipo de sustrato orgánico natural o fabricado por el hombre. La distribución de este insecto es cosmopolita, asociado al ser humano. Restos de esta especie han sido encontrados en las tumbas egipcias, por lo que se presume este coleóptero se alimenta de restos orgánicos de cadáveres. Si el sustrato permanece inmóvil durante al menos 8 meses puede llegar a desarrollarse una infestación importante. El daño es producido por las larvas, pues los adultos se alimentan muy poco. Si el sustrato es harinoso la fumigación no da resultados; Las temperaturas sobre los 60 °C por 5 horas e inferiores a -8 °C por 12 horas destruyen las poblaciones activas y los huevos (Artigas 1994). Ciclo de vida

Las hembras ponen varios cientos de huevos dispersos en cualquier sustrato orgánico seco. Los huevos son incubados de 5 a 7 días, de los que emergen larvas gruesas y blancas que vorazmente consumen el sustrato, construyendo galerías en los materiales más compactos. Estas larvas llegan a su máximo desarrollo (2 a 3 mm) en aproximadamente 3 meses, este tiempo varía entre 2 y 4 meses según la temperatura ambiente. Las larvas construyen

capullos de seda al cual se adhieren partículas del sustrato, lo que prácticamente las mimetiza. Los adultos emergen muy activos, sin embargo quedan inmóviles cuando son perturbados; no vuelan y evitan la luz fuerte y directa. En Chile central los adultos emergen en octubre y se dispersan rápidamente a otros sustratos comenzado la desintegración de éste (Artigas 1994). Familia Dermestidae

Los dermestidos son coleópteros comunes que aparecen después de los estadios tardíos de la descomposición. Las larvas requieren un lugar seco para desarrollarse por lo tanto no ocurren hasta que el cuerpo esta deshidratado, libre de fluidos (Figura 5). Las larvas y los adultos se alimentan de piel seca, pelo y materia orgánica muerta, desintegrando todo hasta convertirlo en un polvo granuloso. Los familia de insectos se alimenta especialmente de productos de naturaleza proteica animal. Son descritos como insectos carroñeros, pues consumen cadáveres de animales dejando sólo los huesos. La importancia del daño que causan esta relacionado con las condiciones climáticas y los sustratos disponibles. Se les encuentra asociados a la actividad humana. La actividad carroñera de esta familia de insectos es utilizada en algunos museos para "limpiar" pequeños esqueletos llegando a lugar inaccesibles (Artigas 1994). Ciclo de vida

El coleóptero de esta familia podría corresponder a *Dermestes peruvianus* Castelnau o *D. frischii*. Kugelann se desarrollan a una temperatura uniforme, ligeramente superior a los 25 °C, el ciclo dura 90 días pasando por 7 estadios larvales. La duración de cada estadio es entre 8 y 13 días, la pupa entre 14 y 30 días (Figura 4). Las generaciones se continúan ininterrumpidamente mientras haya sustrato (Artigas 1994).

Desconocemos las especies con que nos enfrentamos, aunque en general estas familias de artrópodos no presentan controladores biológicos importantes que pudieramos utilizar para evitar la aplicación de químicos

3.2 Procedimiento de fumigación

La detección de esta plaga llevó a procurar un insecticida que fuera efectivo y no dañino para las colecciones. Nuestra primera opción fue ACTELLIC, órgano fosforado de amplio espectro, cuya aplicación fue encargada a una empresa especializada en plaguicidas. Los resultados no fueron los esperados, pues al final del proceso se detectaron larvas con vida y, aunque algunos individuos presentaban un evidente daño, a nivel del tejido nervioso quedó claro que no fue aplicado adecuadamente en términos de dosis. Una segunda aplicación con dosis más elevadas tampoco fue efectiva. Se llegó a la conclusión que este producto, a pesar de ser "inofensivo" para las colecciones, no era adecuado para la eliminación de este tipo de plaga. Actellic es presentado como un plaguicida efectivo contra los coleópteros previniendo nuevas infestaciones (Catálogo Pestcon Systems).

Otros productos como el Bromuro de metilo, siendo tremendamente efectivo según la literatura, no se corresponde en absoluto con las medidas de seguridad necesarias. Este producto ha sido prohibido, pues provoca grandes daños a nivel de la capa de ozono y sobre los seres humanos directamente, causando daños en los ojos, piel etc. Cabe destacar que el bromuro de metilo fue una alternativa al descartar el uso de DDT (Karlner et al. 1997).

La aplicación de Phostoxin (Fosfuro de Aluminio, Tabla 1 y Tabla 2) tampoco ha sido considerada en primera instancia, pues corroe el material metálico (cobre y sus derivados, oro, plata), tanto cultural como de embalaje y uno de sus componentes, el Carbamato de amonio actúa degradando las proteínas (M.E. Rodríguez, comunicación personal), esto significa que cualquier tipo de estudio posterior del material tratado con este insecticida podría entregar resultados alterados, y a largo plazo, podría actuar desnaturalizando todas

las proteínas de los cuerpos. En consulta verbal a otros museos, que también ha sido atacados por esta plaga, han resuelto el problema contratando a una empresa X que se encarga de aplicar un producto efectivo contra los insectos, y en algunos casos ignoran el producto que se ha utilizado. Otros museos que han aplicado este producto, afirman que no hay alteraciones en los resultados de tejido humano tratado con este plaguicida (V. Standen, comunicación personal).

Tabla 1: Componentes del Phostoxin.

Nombre químico	Fosforo de Aluminio
Fórmula química	AIP
Nombre químico	Carbonato de Amonio
Fórmula química	NH ₃ COONH ₄
Fuente: Hoja de seguridad, catálogo DEGESCH, distribuidores del producto.	

Tabla 2: Descomposición química del Phostoxin al entrar en contacto con el aire

Nombre químico	Fosforo de Hidrógeno, Fosfina, Fosfamina
Fórmula química	PH ₃
Nombre químico	Amoniaco
Formula química	NH ₃
Nombre químico	Dióxido de carbono
Formula química	CO ₂
Fuente: Hoja de seguridad, catálogo DEGESCH, distribuidores del producto.	

Dos productos han sido recomendados como fuertemente eficaces frente a esta plaga: Ciclon (Acido Cianhídrico) utilizado en la exterminación de los Judíos por los nazis, cuya distribución esta restringida y supeditada a un riguroso control por parte de especialistas. El otro producto es Magtoxin (Fosforo de Aluminio). Ninguno de estos productos presentan entre sus componentes Carbamato de Amonio, principal agente activo de la degradacion de proteínas. La extrema toxicidad de estos químicos los dejan prácticamente fuera de nuestras posibilidades.

Otra alternativa que ha sido ensayada y evaluada es la aplicación de Esterilene, está compuesto por Oxido de Etileno (100%), gas de amplio espectro que actúa destruyendo todos los microorganismos conocidos. Presenta características "inofensivas", pues es usado para esterilizar material de uso quirúrgico, por esta razón no debiera causar el daño producido por los insecticidas, pero es tan efectivo que destruye bacterias y virus. Sin embargo, la sucesivas aplicaciones de este producto con dosis aumentadas en cada oportunidad han sido infructuosas; al parecer las larvas son resistentes a estos productos, tal vez, por estar protegidas dentro del tejido muscular el gas no llega a ellas.

La aplicación de cambios bruscos de temperatura por períodos determinados de tiempo, podría también ser una solución, pero lamentablemente no contamos con cámaras para someter al tratamiento al material afectado y al que pudiera ser afectado. El arriando de

estas cámaras sería factible, tratando parte de la colección y previniendo reinfestaciones aislando el material ya tratado embalándolo en mangas plásticas y selladas al vacío; lo que también podría causar deterioro pues la condensación podría humedecer el material orgánico deshidratado favoreciendo el desarrollo de hongos y otros microorganismos en condiciones óptimas para su crecimiento y multiplicación.

4. DISCUSIÓN

Mientras ensayamos diversos productos para eliminar a estos artrópodos, las larvas siguen destruyendo el material orgánico. Los esfuerzos para erradicar esta plaga, hasta el momento, no han dado los resultados esperados.

Desconociendo las especies a las que nos enfrentamos no podemos tampoco saber si tienen controladores biológicos específicos, aunque en general, las especies que son citadas en la literatura no los tienen. Sin embargo, si tuvieran algún tipo de controladores tal vez estaríamos introduciendo un remedio igual o peor a la enfermedad. La descripción de la especie de la familia Anobiidae (*Stegobiun paniceum*), es sólo un intento de aproximación a la identificación, sólo difiere con los adultos que invaden nuestras colecciones en que no evitan la luz, al contrario se les encuentra cerca de las ventanas.

Frente a este panorama poco alentador, la opción recomendada por este Departamento es utilizar Phostoxin. Ya ha sido tomada la precaución de muestrear tejidos de todos los cuerpos para que no estén libres de producto y que sirvan para posteriores estudios sin contaminarse con residuos químicos que alteren resultados.

Phostoxin usado para fumigar alimentos de consumo humano viene con "consideraciones importantes" donde se especifica que: no afectan en absoluto los productos fumigados y no altera su composición química, aroma u otras cualidades organolépticas, ni aún después de repetidas fumigaciones (Catálogo Degesch). Según las características de este producto, ataca los diferentes estados de desarrollo de los insectos y su acción ovicida controla la "infestación oculta", previniendo nuevas infestaciones. Debe considerarse también que este producto corroe metales como el cobre, oro y plata, por lo tanto se deben proteger los objetos y estanterías fabricados con estos metales.

Esta sobreentendido que este Phostoxin es altamente tóxico, tanto para los seres vivos como para el medio ambiente. Pero es difícil, parece, comprender que este producto posee un componente capaz de degradar proteínas de cualquier parte del organismo (piel, músculo, cabello, etc) este es el carbamato de amonio, cuyo accionar, según los distribuidores de Phostoxin, es equilibrado (y no anulado) por parafina, parte también de este insecticida.

Aunque no han sido detectados daños o enfermedades, ocasionados por este producto lo mismo ha sucedido con insecticidas que luego se ha detectado son infinitamente dañinos y han sido retirados del mercado debido a su acción mutación genética. Además esta decir, que la aplicación de Phostoxin o de cualquier insecticida altamente tóxico, debe ser aplicado bajo estrictas normas de seguridad y por personal especializado, pues la Fosfina (Tabla 2) concentraciones altas, en contacto con el aire, puede derivar en explosiones.

La aplicación de este producto o de cualquier otro que sea efectivo, implicará sucesivas y regulares fumigaciones como prevención, hasta contar con un lugar herméticamente sellado, cuyo estricto control de cuarentena de cuerpos que ingresen a la colección, garanticen la exterminación y control de plagas. Debe considerarse también, que la inmovilización de los cuerpos y restos orgánicos, por largos períodos de tiempo, es un variable que contribuye a

la aparición de esta plaga, pues se desarrolla en material almacenado por largos períodos; es decir que con frecuencia debe revisarse el material depositado en las bodegas para prevenir nuevas infestaciones. No existen, lamentablemente, estudios que nos den luces respecto a lo que pasara en el futuro con el material fumigado con productos de tan alta toxicidad.

Agradecimientos: *Agradezco la ayuda brindada por diferentes especialistas de la Universidad de Tarapacá: los entomólogos (H. Vargas, D. Bovadilla, R. Mendoza), y bioquímica (L. Carrasco) de la Facultad de Agronomía; bioquímica (M.E. Rodríguez) y químico (L. Figueroa) de la Facultad de Ciencias. Como así también el apoyo técnico y documental de la conservadora de este Departamento, Señora Mariela Santos.*

5. REFERENCIAS

ARTIGAS, J. N (1994) Entomología Económica. Insectos de interés agrícola y forestal médico y veterinaria. Vol. II. Editorial Anibal Pinto. Ediciones Universidad de Concepción.

CATÁLOGO DEGESCH. Control de plagas de productos almacenados.

KARLINER ET AL. (1997) The barons of bromide: The Corporative Forces behind toxic poisoning and ozone depletion. *The Ecologist* 27: 90-98.