Los biocidas vegetales en el control del biodeterioro del patrimonio documental. Perspectivas e impacto

Sofía Borrego-Alonso

Laboratorio de Conservación Preventiva. Archivo Nacional de la República de Cuba. Compostela 906 esq. San Isidro, CP: 10100, Habana Vieja, La Habana, Cuba. sofia@arnac.cu, sofy.borrego@gmail.com, sborrego62@aol.com

Recibido: 20 de mayo de 2015. Aceptado: 4 de septiembre de 2015.

Palabras clave: biodeterioro, biocidas vegetales, control del biodeterioro, documentos, microorganismos
Key words: biodeterioration, plant biocides, biodeterioration control, documents, microorganisms

RESUMEN. Los procesos de biodeterioro afectan a los sistemas industriales de distintos sectores productivos (industrias del petróleo, del papel, energética, etc.), a los biomateriales y al patrimonio cultural de cada nación. Los principales agentes que causan el biodeterioro del patrimonio documental son los microorganismos y los insectos que utilizan el papel, como fuente nutritiva y junto a las condiciones ambientales inadecuadas, aceleran el deterioro de los diferentes soportes documentales llegando incluso a generar plagas. En el control de plagas se utilizan los biocidas, que generalmente son sustancias químicas costosas, tienen efectos nocivos sobre las personas que los usan, sobre el medio ambiente y aceleran el deterioro de los materiales. De ahí que la elección de un producto biocida sea cada vez más difícil ya que debe cumplir con requerimientos estrictos de control. Sin embargo, la búsqueda de alternativas como es el uso racional de productos naturales provenientes de plantas, puede incidir, positivamente en la solución de estos problemas. El objetivo de este trabajo es realizar una disertación sobre los biocidas, su concepto, los distintos tipos y la importancia de los productos naturales provenientes de plantas como biocidas para el control del biodeterioro por microorganismos e insectos, así como las perspectivas y el impacto que pudieran tener en su aplicación sobre el patrimonio documental.

ABSTRACT. Biodeterioration processes affecting industrial systems of different productive sectors (petroleum, paper, energy, etc.), biomaterials and cultural heritage of each nation. The main agents involved in the biodeterioration of documentary heritage are microorganisms and insects which use the paper as a nutrient source and with inadequate environmental conditions accelerate the deterioration of the different documentary supports even to attract pests. The biocides are used in pest control. Generally they are expensive chemicals, have harmful effects on people who use them, on the environment and accelerate the deterioration of the materials used. Hence the choice of a biocidal product is increasingly difficult because it must meet strict control requirements. However, the search for alternatives such as the rational use of natural products from plants can have a positive impact in solving these problems. The aim of this work is to make a dissertation on biocides, its concept, the different types and the importance of natural products

from plant as biocides to control biodeterioration by microorganisms and insects, as well as prospects and the impact they may have on their application on documental heritage.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo evolutivo del hombre, la sociedad jugó un papel sumamente importante, de ahí que la comunicación de las acciones cotidianas fuera vital para aquellos grupos humanos. Como resultado de ello, el hombre sintió la necesidad de crear, en un principio con imágenes y luego con un lenguaje escrito, obras que plasmaran sus actividades más relevantes y que sirvieran de evidencia de su quehacer, así surgió el documento. Uno de los primeros materiales empleados para la creación de éstos fue la piedra, seguidamente y en la medida en que la sociedad humana alcanzaba un mayor desarrollo social, se comenzaron a utilizar otros materiales como la madera, el barro, el metal, el papiro, el pergamino, el papel, el plástico y ya en pleno siglo XX, como consecuencia de un desarrollo elevado de la ciencia y la tecnología, se creó y se ha difundido rápidamente su uso en el mundo, el documento digital. [1]

Todos los materiales que se han usado y usan para la confección de documentos, se deterioran con el transcurso del tiempo. Esta condición es propia de la materia y no se puede impedir que estos procesos ocurran, sólo con un conocimiento científico de las causas que lo desencadenan o aceleran, se puede trabajar en el enlentecimiento del deterioro. Este deterioro está influenciado por dos factores: el primero está relacionado con los factores internos, es decir con las características propias (composición) del soporte, los pigmentos y las tintas que se emplearon en la creación del documento, y el segundo tiene que ver con los factores externos, constituidos por una gran cantidad de elementos, en ocasiones muy difíciles de controlar. [1-3] Dentro de ellos, los agentes biológicos juegan un papel importante en el deterioro de los documentos.

El biodeterioro y su control

El biodeterioro de materiales es todo cambio indeseable en las propiedades de un material originado por la actividad vital de los organismos.[4] Afecta a todos los materiales y los más comunes son: madera, textil, papel, material fotográfico, pinturas, documentos, monumentos, etc. El biodeterioro no puede ser considerado como un fenómeno aislado, paralelamente ocurren otros procesos de deterioro de tipo químico, físico o fisicoquímico con los cuales está estrechamente correlacionado.[5]

El biodeterioro del patrimonio cultural depende de la naturaleza del sustrato, factores ambientales (temperatura, humedad, luz, etc.), la polución natural y antropogénica (contaminación atmosférica, presencia del hombre) y la maquinaria metabólica del agente biológico. Dentro de los organismos involucrados se encuentran microorganismos (hongos y bacterias), diatomeas, algas, líquenes, musgos, insectos, aves, murciélagos, roedores y plantas. De los anteriores, solo los microorganismos, los insectos y los roedores afectan de forma directa al patrimonio documental. Aunque en ocasiones y de forma indirecta, este patrimonio puede afectarse por las plantas vasculares, las aves y los murciélagos.[3]

El estudio del biodeterioro debe realizarse desde el punto de vista ecológico, es decir, contemplado cada obra como un sistema en el que existe una interconexión entre poblaciones biológicas, factores físicos y químicos producidos por el medio, de modo que pueda valorarse la importancia de estos factores.[6] Sólo a partir de un análisis de este tipo, puede surgir un plan de conservación preventiva eficaz dirigido no sólo a eliminar los agentes del biodeterioro existentes donde sea posible, sino también prevenir la aparición de fenómenos nuevos de biodeterioro. Este último aspecto es fundamental dentro de un proyecto de control integrado de plagas, aunque es sin duda, el más difícil de implementar porque necesita de un seguimiento y mantenimiento a largo plazo.

En todo ecosistema, y por lo tanto también en los bienes culturales, desde el punto de vista de la cadena trófica, existen organismos productores y destructores. Los primeros no utilizan la materia

de la obra que atacan para su metabolismo directamente, a excepción de algunas sales minerales, pero sí lo dañan de forma indirecta por los productos de su metabolismo o por el deterioro físico producido como resultado de la penetración mecánica de determinadas estructuras dentro del material de la obra. Este es el caso de algas, líquenes, plantas y bacterias autótrofas. Los segundos utilizan la materia orgánica para su nutrición y son especialmente relevantes en bienes culturales sobre soportes orgánicos como madera, tejidos, papel, cuero, etc. Este es el caso de hongos, insectos y pequeños mamíferos.[7]

Las vías de entrada más frecuentes de los agentes biológicos en archivos bibliotecas y museos son: el aire, las grietas en techos, paredes, ranuras en pisos, la falta de higiene, la presencia del hombre y animales, la existencia de contenedores de basura destapados cerca del lugar, la existencia de objetos contaminados junto a los sanos, la contaminación ambiental y la incorrecta manipulación del mueble o inmueble. [1]

Los métodos empleados en la prevención del biodeterioro implican la modificación de las características del ambiente para garantizar condiciones ambientales óptimas que impidan o inhiban el desarrollo de los organismos o de la actividad metabólica de los mismos, con el objetivo de evitar que puedan convertirse en plagas.[8] El control del biodeterioro implica la eliminación de plagas en las colecciones y dentro del edificio, lo que exige de técnicas de erradicación que no dañen los objetos. Las técnicas utilizadas, cubren una gama que va desde la intensificación en las medidas de aseo y sanitarias, hasta el tratamiento puntual con atmósfera de gases inertes, la manipulación de la temperatura y la humedad relativa así como el uso de biocidas.[9]

En las bibliotecas y archivos, se han usado tradicionalmente los biocidas para la prevención rutinaria de plagas. Sin embargo, a menudo los biocidas no previenen la infestación, y su aplicación no puede corregir el daño ya ocasionado.[1] Por otra parte, hoy en día los biocidas sintéticos son menos atractivos para su uso debido a la creciente conciencia de que las sustancias químicas que los componen pueden poner en peligro la salud del personal, contaminar el ambiente y dañar las colecciones de papel y otros materiales orgánicos al provocarles alteraciones físico-químicas irreversibles. Métodos más recientes de control, tales como la congelación controlada, el choque térmico y las atmósferas modificadas, han resultados magnificas alternativas para el tratamiento de las infestaciones existentes, pero tienen como inconvenientes que no evitan la infestación y no proporcionan efecto residual por lo que no previenen la reinfestación, de ahí que constituyen métodos de tratamientos y no de prevención. [2,10] Para el control de plagas, desde hace años se han venido utilizando biocidas sintéticos que pueden causar problemas de salud tanto a corto como a largo plazo, los cuales van desde náuseas, dolores de cabeza hasta problemas respiratorios y cáncer.[11] Es posible que muchos tratamientos con sustancias sintéticas no causen efectos nocivos al momento de la exposición, pero pueden ser absorbidos por el cuerpo y causar problemas de salud años más tarde. El conocimiento cada vez más creciente de los riesgos que ocasionan a la salud y al medio ambiente, ha proporcionado que exista un mayor énfasis en el uso de métodos que no empleen sustancias sintéticas para el control de plagas.[10]

Teniendo en cuenta estos aspectos, en la actualidad muchos países en sus legislaciones prohíben o limitan el uso de algunos biocidas sintéticos y están fomentando el uso de biocidas naturales o biológicos.

Los productos naturales provenientes de plantas como biocidas para el control del biodeterioro

Un biocida puede ser una sustancia química sintética, natural, de origen biológico o de origen físico que está destinado a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control sobre cualquier organismos considerado nocivo para el hombre.[12] De acuerdo a su origen se dividen en físicos, biológicos y químicos (son sintéticos y pueden ser a su vez de origen orgánico e inorgánico). De acuerdo a su acción se dividen en microbicidas (bactericidas y

fungicidas) o inhibidores del crecimiento y plaguicidas (insecticidas y/o repelentes, acaricidas, nematicidas, avicidas, rodenticidas, piscicidas, molusquicidas, etc.). [2,3]

Un buen biocida debe reunir varias condiciones importantes. Dentro de ellas, destacan la de tener un amplio espectro de actividad, es decir debe cubrir una amplia gama de microorganismos para el caso de un microbicida o de insectos para el caso de un insecticida, debe ser efectivo a bajas concentraciones (mientras más baja es la dosis, más efectivo es el biocida y por tanto más económico resulta el tratamiento), efectivo en un amplio rango de pH, solubles en agua, poseer alta persistencia (ser efectivo a través del tiempo), tener baja toxicidad humana (no debe ser perjudicial en su manipulación y resultar seguro para el operador) y baja toxicidad al medio ambiente, así como un bajo costo.[13,14]

Breve reseña histórica de uso de plantas como medicamentos y biocidas

Desde las épocas más primitivas, el hombre se vio en la necesidad de procurarse comida y medicamentos. Debe de haber aprendido observando los hábitos de consumo de las plantas de los animales salvajes o probando una y otra vez hasta comprobar el beneficio posible de cada especie. Como quiera que haya ocurrido, existen evidencias antiguas que asocian el uso de las plantas como medicamentos. Las evidencias más antiguas se remontan al año 5000 a.n.e en las culturas asiáticas (India y China) donde existen reportes de alrededor de 8000 recetas sobre la base de plantas medicinales. En la zona mediterránea cerca del año 2000 a.n.e la cultura sumeria a partir de regulaciones del "Código de Hammurabi", se redactó un documento en el que se describen 250 drogas vegetales con uso medicinal. Las culturas griegas y romanas, no quedaron atrás. Alrededor del año 500 a.n.e los filósofos griegos Pitágoras, Empédocles y Aristóteles influyeron en el uso de plantas medicinales en la medicina. En esta época también fueron famosos Hipócrates (460-377 a.n.e), Teofrasto (372-287 a.n.e), Alejandro Magno (356-323 a.n.e) y Dioscórides (40-90 a.n.e). Por su parte, la civilización romana se desarrolla de forma muy relacionada con la griega y en ella se destacan Plinio el Viejo (23-79 d.n.e) y Galeno (31-200 d.n.e). Si bien en la Edad Media no hubo grandes progresos, si existieron algunos aspectos que permitieron que esta tradición no se perdiera. Como por ejemplo Avicena (980-1037), médico-filósofo árabe escribió el "Canon de la Medicina", compilación de medicamentos simples donde se citan 1400 drogas vegetales y en el siglo XII la abadesa Santa Hidelgrada de Bingen (1098-1179), escribió varios libros sobre la naturaleza humana y el uso de drogas vegetales para la terapéutica.[15]

Ya en la Edad Moderna, la Botánica se transforma en ciencia independiente y adquiere un gran desarrollo. El descubrimiento de América, incorpora nuevas especies vegetales desconocidas en el Viejo Mundo, como: la quina, la jalapa, la ipecacuana, coca, té, cacao, tabaco y otras, que ayudaron a los herboristas del siglo XVI, fundadores de las primeras farmacias públicas, a enriquecer la Farmacognosia.[15]

Con relación a los insectos, el hombre desde la antigüedad tuvo conciencia de la molestia y destrucción que podían ocasionar. Aristóteles en su obra "Historia animalum", reportó los primeros casos de artrópodos dañinos a los bienes culturales.[16] También desde épocas remotas se trató de combatirlos y fue en el reino vegetal donde se buscaron las primeras armas. En China se logró, en el año 1000 a.n.e, extraer de las flores del crisantemo (*Chrysantemum pyrethrum*) un polvo blanco con el nombre de pelitre, con fuerte acción insecticida.[17,18] A pesar de ello, su uso se extendió a partir del siglo XIX cuando se aplicó en la eliminación de piojos.[19] El primer insecticida natural, apareció aproximadamente en el siglo XVII cuando se demostró que la nicotina, obtenida de hojas de tabaco, mataba a unos escarabajos que atacaban al ciruelo. Hacia 1850 se introdujo un nuevo insecticida vegetal conocido como rotenona que se obtuvo de las raíces de una planta llamada vulgarmente timbó (*Enterolobium contortisiliquum*). Hasta ese momento esta planta sólo se utilizaba para pescar, pues los indígenas se habían percatado que si lanzaban trozos de esta raíz al agua a los pocos minutos comenzaban a flotar peces que eran muy fáciles de atrapar. Con posterioridad se usaron plantas con propiedades irritantes como la sabadilla

(*Schoenocaulon officinale*), que se utilizaba para descongestionar las fosas nasales, y el incienso (*Plectranthus madagascariensis*) que no mataban directamente a los insectos sino que se decía que los "espantaban". Otras plantas, pero de más reciente data, son cuasia (*Quassia amara*) y el neem (*Azadirachta indica*) que han mostrado excelentes resultados como controladoras de insectos.

En países como México y varios otros de América Central aún es común encontrar prácticas de control de plagas con recomendaciones de plantas que datan del tiempo de los aztecas y mayas. Un ejemplo de esto es la práctica de mezclar el maíz y frijol con ají (*Capsicum frutescens*), ruda *(Ruta graveolens*) o ajo (*Allium sativum*).[20] Actualmente, en el mercado se encuentran una serie de insecticidas de origen vegetal como los formulados en base de neem, semillas de toronja y ajo, entre otros; además de copias sintéticas como los neonicotinoides donde destaca el Imidacloprid.

Los conservadores de archivos, bibliotecas y museos desde hace muchos años utilizaron plantas aromáticas como el cedro (*Cedrela odorata*) y el ciprés (*Cupressus sempervirens*) para repeler insectos, o mezclaron plantas tóxicas como la genciana (*Gentiana lutea*) con la cola de los libros para envenenarlos.[21,22] No obstante, existen antecedentes de investigaciones realizadas por conservadores para contrarrestar el efecto tanto de hongos como de insectos empleando productos provenientes de plantas. Ejemplos de ello lo constituye el trabajo publicado por Mori en 1975[23] donde estudia el efecto repelente de varios tipos de incienso sobre *Lepisma saccharina* y los presentados por varios autores en la Tercera Conferencia Internacional sobre Biodeterioro del Patrimonio Cultural celebrada en Bangkok, Tailandia en 1995.[24-30] Desde 1998 y hasta 2007 en el Centro de Conservación de Documentos Gráficos de Francia se estuvo investigando con productos naturales para el control de hongos[31-34] y en el 2003 en la Conferencia Internacional sobre Preservación de Archivos en Climas Tropicales II celebrada en Curaçao, Antillas Holandesas, se presentó un trabajo que reporta los resultados obtenidos con repelentes naturales para el control de insectos en archivos y bibliotecas.[35] Más recientemente se han realizado nuevos reportes del uso de productos provenientes de plantas para el control del biodeterioro en el patrimonio cultural.[36-42]

Estudios que se han realizado en América Latina de biocidas naturales para usarlos en la conservación del patrimonio cultural

Desde hace algunos años en Colombia, dos universidades en colaboración con el Archivo General de la Nación estuvieron investigando con productos naturales provenientes de plantas como biocidas para el control del biodeterioro en el patrimonio documental.[43-49]

En Argentina, igualmente desde hace años se investiga en relación al biodeterioro del patrimonio cultural y al empleo de biocidas. El primer biocida empleado por investigadores del Instituto de Investigaciones Fisicoquímica Teóricas y Aplicadas (INIFTA), institución perteneciente a la Universidad Nacional de La Plata, fue el ozono para desinfectar metales en sistemas de enfriamiento de agua,[50] aunque posteriormente estudiaron el efecto de otros biocidas para el control del biodeterioro de metales.[51] En 1998 este grupo publica su primer trabajo donde demuestra la efectividad de un biocida vegetal contra microorganismos que forman parte de biopelículas industriales.[52]

A partir del 2006 y hasta el 2011, se estableció una colaboración científica entre el Archivo Nacional de la República de Cuba (ARNAC) y el INIFTA con el objetivo de investigar el uso de productos naturales en el control del biodeterioro que ocasionan los microorganismos al patrimonio documental.[53-60] Asimismo, en el 2008 se inició una nueva colaboración científica entre el ARNAC y el Laboratorio de Etnobotánica y Botánica Aplicada (LEBA) perteneciente a la misma universidad, con la finalidad de emplear los productos naturales para el control de plagas de insectos.[61]

Perspectiva e impacto de los productos naturales provenientes de plantas como biocidas

Los biocidas provenientes de plantas, conocidos como "biocidas vegetales" son empleados desde la antigüedad por múltiples ventajas entre las que citamos: alta disponibilidad de materia prima, fácil extracción de los principios activos, bajo costo de producción y baja toxicidad e inocuidad.[33,34]

Su uso en el mundo aumenta cada día. Es grande el número de patentes por año que se puede encontrar donde la propiedad intelectual protege nuevas formulaciones de productos de origen vegetal para usarlos como insecticidas y/o desinfectantes[62-64] y esto se debe entre otras cuestiones a:[37,48]

- La baja o casi nula resistencia que generen en los organismos vivos**.** La mayoría de los biocidas naturales están constituidos por un grupo de ingredientes activos de diversa naturaleza química. Para la resistencia de insectos o microorganismos, la baja estabilidad de los biocidas vegetales constituye una ventaja, pues resulta de muy baja probabilidad que dos extractos sean iguales por lo que la presión de selección sobre la plaga no será siempre la misma ya que aunque el extracto se encuentre, sus componentes no estarán siempre a las mismas concentraciones.
- Las personas están mucho menos expuestas a su toxicidad. Dada a la baja persistencia de los biocidas naturales en el medio, hoy en día son muy utilizados en parques y jardines, de ahí que las personas ya se encuentran adaptadas a su contacto. No obstante, debido a sus múltiples ventajas, entre ellos su baja influencia ecológica, su uso se está expandiendo aceleradamente a los ámbitos agrícolas y urbanos y se espera que en los próximos 10 a 15 años aumenten en un 25 % su participación en otros sectores de la vida.
- Son compatibles con otras opciones que se emplean en los programas de Manejo Integrado de Plagas. En estos programas se emplean otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de plagas tales como feromonas, aceites, jabones, hongos entomopatógenos, entre otros. Incluso su empleo es compatible con otros productos más agresivos, tales como los compuestos organosintéticos que se emplean de forma complementaria con el piretro, proveniente de las flores del piretro, y los piretroides sintéticos. Además, en la agricultura orgánica, donde no se emplean agroquímicos convencionales, los insecticidas vegetales tienen una gran demanda y su mercado se encuentra en plena expansión.

El empleo actual de estos productos en archivos, bibliotecas y museos, aún es bajo. En el mercado de productos para la conservación, si bien existen sustancias con acción biocida o desinfectantes, son de naturaleza sintética. Ejemplos de ellos son el "Biocidas CSC Book Saver" que tiene un amplio espectro antimicrobiano pero está compuesto de ésteres del ácido p-hidroxibenzoico, el fungicida no tóxico "CONSTRICT", microemulsión acuosa a base de propiconazole (compuesto efectivo pero costoso) y el "MYSTOX LPL", posee acción fungicida, bactericida e insecticida pero su formulación es a base de pentaclorofenol.[65] Sin embargo, ya comienzan a aparecer en el mercado algunos productos para la conservación cuyos principios activos son biocidas vegetales. Un ejemplo es el producto Desfan-100® para desinfectar y sanear archivos y bibliotecas.[66] Este producto presenta entre sus componentes, extracto de semillas de toronja (*Citrus x paradisi*) y se emplea para el saneamiento de las áreas que preservan las colecciones, pues contribuye a reducir los microorganismos ambientales que producen biodeterioro a los materiales y afectan a la salud del personal. Se puede emplear en equipos de procesos, áreas de trabajo, materias primas y ambiente.

En estudios recientes realizados con extractos de semilla de toronja, se ha podido determinar a nivel de laboratorio la efectividad de su acción como bactericida y fungicida.[67-70] Su efecto bactericida esta dado porque en 15 minutos produce la ruptura total de la membrana y de la pared bacteriana liberando al exterior el contenido citoplasmático.[68]

No obstante, se puede señalar que en un futuro no muy lejano se estudiarán nuevas plantas, se perfeccionarán y descubrirán técnicas novedosas para la identificación y aislamiento de nuevas moléculas de origen vegetal, se aumentarán y mejorarán los programas de extensión y educación

sobre los biocidas vegetales, se encontrarán nuevas fuentes de materia prima para su fabricación, como ocurre en el descarte de la industria de cítricos en los Estados Unidos[71] y Argentina[72], y se introducirán nuevas aplicaciones a estos productos; asimismo, se avizora una mayor agilidad de los procesos de registro, especialmente en los países en desarrollo. Todo esto contribuye significativamente a un incremento en el impacto ambiental y ecológico que tienen y tendrán estos biocidas provenientes de productos naturales.

CONCLUSIONES

En el mercado de productos para la conservación del patrimonio documental existen sustancias con acción biocida o desinfectantes pero son de naturaleza sintética. Sin embargo, han comenzado a aparecer algunos productos cuyos principios activos son biocidas vegetales. Aunque los resultados que han obtenido grupos de investigadores latinoamericanos aún son preliminares, se continúa investigando, en particular en Cuba, para obtener un biocida vegetal eficiente, ecológico, sostenible y barato que permita el control del biodeterioro ocasionado tanto por hongos como por insectos en el patrimonio documental.

REFERENCIAS BIBLIORÁFICAS

1. Borrego S. Factores externos del deterioro en el patrimonio documental. Editorial Académica Española, España: 2012: 59 p.
2. Gómez A, García R. Conservación de bienes muebles. Ediciones Boloña, La Habana, Cuba: 2011: 251 p.
3. Vaillant M. Biodeterioro del patrimonio histórico documental: alternativas para su erradicación y control. Museo de Astronomía y Ciencias Afines, Fundación Casa de Ruí Barbosa, Rio de Janeiro, Brasil: 2013: 139 p.
4. Allsopp D. Worldwide wastage: the economics of biodeterioration. Microbiol. Tod. 2011; 38:150–153.
5. Sterflinger K, Piñar G. Microbial deterioration of cultural heritage and works of art - tilting at windmills? Appl. Microbiol. Biotechnol. 2013; 97:9637–9646.
6. Caneva G, Nugari MP, Salvadori, O. Biology in the conservation of works of art. ICCROM Ed, Roma: 1991.
7. del Egido Rodríguez M. Estudios científicos previos para la conservación de libros y documentos. 1 Jornada Monográfica Prevención del Biodeterioro en Archivos y Bibliotecas. Instituto del Patrimonio Histórico Español. 2004.
8. Giudice C. Patrimonio cultural: limpieza, consolidación y pretratamiento con biocidas. I Jornadas Iberoamericanas sobre Biodeterioro del Patrimonio Cultural Iberoamericano. Prevención Restauración y Preservación. Cartagena de Indias, Colombia, 2003.
9. Valentín N, Preusser F. Insect control by inert gases in museums, archives and libraries. Restaurator 1990; 11:22-33.
10. Morales R., Blanco P., Lalana P., Pardo de Santayana M., Valentín N. Extractos naturales para la desinfección y desinsectación de bienes culturales. Las plantas medicinales y el patrimonio histórico. En: La Ciencia y el Arte IV. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio. Edición Secretaría General Técnica. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, España: 2013: pp. 148-162.
11. Martínez P, Mansur A. Guía para el control de plagas en los museos. Consejo Nacional de Patrimonio Cultural, Cuba: 2004: 81p.
12. Dirección General de Salud Pública de Valencia. Vigilancia sanitaria de plaguicidas y biocidas. 2008. (Consultado: 21 de enero de 2008). Disponible: http://www.sp.san.gva.es.

13. Rutala WA, Weber DJ. Desinfection and sterilization in health care facilities: What clinicians need to know? Healtcare Epidemiology 2004; 39:702-709.
14. Rutala WA, Weber DJ. "The Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities" Atlanta, CDC, EE UU: 2008.
15. Plantas Medicinales. Universidad para Todos. Editora Abril, Cuba: 2005.
16. Zent-Ivany JJ. Identificación de los insectos dañinos y manera de combatirlos. En: La conservación de bienes culturales con especial referencia a las condiciones tropicales. UNESCO, Paris: 1969: pp. 57-75.
17. Todd GD, Wohlers D, Citra M. Toxicology profile for pyrethrins and pyrethroids. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, EE UU: 2003.
18. Tessier J. Hacia el deltametrin. En: Deltametrin: monografía. Roussel-Uclaf: 1983: pp. 25-36.
19. Casida JE. Pyrethrum flowers and pyrethroind insecticides. Environ. Health Persp. 1980; 34:189-202.
20. Silva G, Hepp R. (eds). Bases para el manejo racional de insecticidas. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía/Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chile: 2003:310 p.
21. Beristain SH. Métodos de restauración de libros y documentos. UNAM. DF, México: 1987: 53 p.
22. López R. Papel del insecticida en la lucha por la conservación de los documentos de archivo. Boletín del Archivo Nacional de Cuba 1991; (5):56-63.
23. Mori H. Repellent effects of some incenses on the silverfish, Lepisma saccharina Linne (Thysanura). Science for Conservation 1975; 14:45-49.
24. Dhawan S. Essential oil for preservation of mould growth on palm leaf manuscripts. In: Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Bangkok, Thailand. Aranyanak C. et al. (eds.), Bangkok: Office of Archeology and National Museums, Conservation Science Division: 1995: pp. 272-282.
25. Chingduang S, Siriacha P, Saito M. Effect of some plants and spices on growth of fungi. In: Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Bangkok, Thailand. Aranyanak C. et al. (eds.), Bangkok: Office of Archeology and National Museums, Conservation Science Division: 1995: pp. 143-153.
26. Devaraj Urs, KC. Management of the american cockroach, Periplaneta americana L. (Blattidae: Dictyoptera) with plant seed oils. In: Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Bangkok, Thailand. Aranyanak C. et al. (eds.), Bangkok: Office of Archeology and National Museums, Conservation Science Division: 1995: pp. 149-153.
27. Shaheen F. Application of karanja seeds (Pongamia glabra Vent) for control of museum insects. Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Bangkok, Thailand. Aranyanak C. et al. (eds.), Bangkok: Office of Archeology and National Museums, Conservation Science Division: 1995: pp. 121-128.
28. Nilvilia S, Wangchareontrakul S. Use of traditional Thai herbs for insect control. In: Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Bangkok, Thailand. Aranyanak C. et al. (eds.), Bangkok: Office of Archeology and National Museums, Conservation Science Division: 1995: pp. 375-380.

29. Pandey VN, Srivastava AK. Prevention of fungal-damage to our cultural heritage in wood and luther by volatile: Constituents of higher plants. In: Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Bangkok, Thailand. Aranyanak C. et al. (eds.), Bangkok: Office of Archeology and National Museums, Conservation Science Division: 1995: pp. 381-386.
30. Garg KL. Use of homeopathic drugs as antifungal agent for the protection of books and paper materials. In: Proceeding of the Third International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Bangkok, Thailand. Aranyanak C. et al. (eds.), Bangkok: Office of Archeology and National Museums, Conservation Science Division: 1995: pp. 56-65.
31. Rakotonirainy M, Raisson MA, Flieder F. Evaluation of the fungistatic and fungicidal activity of six essential oils and their related compounds. In: Preprints of the Jubilee Symposium of the School of Conservation, Copenhagen: The Royal Danish Academy of Fine Arts: 1998: pp. 121-130.
32. Rakotonirainy MS, Fohrer F, Flieder F. Research on fungicides for aerial disinfection by thermal foxing in libraries and archives. Int. Biodeter. Biodegr. 1999; 44:133-139.
33. Rakotonirainy MS, Lavédrine B. Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. Int. Biodeter. Biodegr. 2005; 55:141-147.
34. Rakotonirainy MS, Juchauld F, Gillet M, Othman-Choulak M, Lavédrine B. The effect of linalool vapours on silver-gelatine photographs and bookbinding leathers. Restaurator 2007; 28:95-111.
35. Wettasinghe S. Control of insect attacks in archives and libraries with special references to natural repellents. International Conference on Preservation of Archives in Tropical Climates II, November 17-21. Curaçao, Netherlands Antilles; 2003.
36. Sakr AA, Ghaly MF, Abdel-Haliem ME-SF. the efficacy of specific essential oils on yeasts isolated from the Royal Tomb paintings at Tanis, Egypt. International Journal of Conservation Science (IJCS) 2012; 3(1): 87-92.
37. Sequeira S, Cabrita EJ, Macedo MF. Antifungals on paper conservation: An overeview. Int. Biodeter. Biodegr. 2012; 74: 67-86.
38. Morales R, Blanco P, Lalana P, Pardo de Santayana M, Valentín N. Extractos naturales para la desinfección y desinsectación de bienes culturales. Las plantas medicinales y el patrimonio histórico. En: La Ciencia y el Arte IV. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio. Edición Secretaría General Técnica. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, España: 2013: p. 148-162.
39. Andel-Maksoud G, El-Amin A-R, Afifi F. Insecticidal activity of Cinnamomum cassia extractions against the common Egyptian mummies' insect pest (Dermestes maculatus). International Journal of Conservation Science (IJCS) 2014; 5(3): 355-368.
40. Andel-Maksoud G, El-Amin A-R, Afifi F. The insecticidal activity of tea tree oil (Melaleuca alternifolia) against the common pest in mummies (Dermestes maculatus). International Journal of Conservation Science (IJCS) 2013; 4(3): 301-306
41. Stupar M, Grbić ML, Džamić A, Unković N, Ristić M, Jelikić A, Vukojević J. Antifungal activity of selected essential oils and biocide benzalkonium chloride against the fungi isolated from cultural heritage objects. S. African J. Bot. 2014; 93:118-124.
42. Stupar M, Grbić ML, Simić GS, Jelikić A, Vukojević J, Sabovljević M. A sub-aerial biofilms investigation and new approach in biocide application in cultural heritage conservation: Holy Virgin Church (Gradac Monastery, Serbia). Indoor Built Environ. 2014a; 23(4): 584-593.
43. Florez CP, Russi A. Evaluación de agentes antimicrobianos sobre microorganismos aislados a partir de documentos de carácter histórico. [Tesis en opción del título de

Licenciatura en Microbiología Industrial]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia: 2000:90 p.

44. Hernández JF. Identificación de hongos causantes de deterioro en documentos históricos, depósitos de almacenamiento y posibles estrategias para su control en el Archivo General de la Nación. Pontificia Universidad Javeriana. [Tesis en opción del título de Máster en Microbiología Industrial]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia: 2003:250 p.
45. Mateus JA, Peña DP. Evaluación de alternativas de desinfección sobre material fotográfico elaborado a base de emulsiones de gelatina y plata, contaminado con hongos. [Tesis en opción del título de Licenciatura en Microbiología Industrial]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia: 2003:111 p.
46. Peña G, Zambrano S. Evaluación de tratamientos de desinfección aplicados mediante procesos de nebulización y aspersión sobre soportes afectados por hongos. [Tesis en opción del título de Licenciatura en Microbiología Industrial]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia: 2003:134 p.
47. Cuenca B. Evaluación de tres materiales químicos como fungicidas y su efecto sobre algunos papeles y tintas. [Tesis en opción del título de Licenciatura en Microbiología Industrial]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia: 2006:86 p.
48. Garcés J. Evaluación de varios ingredientes activos con actividad biocida, sobre probetas de cuero y pergamino utilizadas para la encuadernación del patrimonio mueble colombiano. Memorias del Taller sobre la Conservación del Patrimonio Documental y la Preservación contra Catástrofes en Países de Clima Tropical, La Habana, Cuba, 2007.
49. Cárdenas ML, Castellanos L. Control del biodeterioro: Una estrategia en la prevención de desastres en archivos. Memorias del Taller sobre la Conservación del Patrimonio Documental y la Preservación contra Catástrofes en Países de Clima Tropical, La Habana, Cuba, 2007.
50. Viera MR, Guiamet PS, de Mele MFL, Videla HA. Use of ozone as a biocide in cooling water systems. Laboratory studies about its biocide efficacy and effect on the corrosion of mild and stainless steel. Corros. Rev. 1993; 11(3-4): 77-195.
51. Videla HA, Guiamet PS, Viera M, Gómez de Saravia SG, Gaylarde CC. A comparison of the action of various biocides on corrosive biofilms. Corrosion/96, NACE, Houston, Texas, 1996.
52. Gómez de Saravia SG, Gaylarde CC. The antimicrobial activity of an aqueous extract of Brassica negra. Int. Biodeter. Biodegr. 1998; 41:145-148.
53. Guiamet PS, Gómez de Saravia SG, Arenas P, Pérez ML, de la Paz J, Borrego SF. Natural products isolated from plants used in biodeterioration control. Pharmacologyonline 2006; 3:537-544.
54. de la Paz J., Larinova M., Maceira MA., Borrego SF., Echevarría E. Control of biodeterioration using a fraction isolated from leaves of Ricinus communis Linn. Pharmacologyonline 2006; 3:462-466.
55. Guiamet P, de la Paz J, Arenas PM, Gómez de Saravia SG. Actividad biocida de extractos obtenidos de plantas frente a Bacillus sp. aislado de material de archivo. Boletín del Archivo Nacional de la República de Cuba. 2007;(15):76-81.
56. Gómez de Saravia SG., de la Paz J., Guiamet P., Arenas P., Borrego SF. Biocide activity of natural extracts against microorganisms affecting archives. BLACPMA 2008; 7:25-29.
57. Gómez de Saravia S, Borrego S, Lavin P, Valdés O, Vivar I, Battistoni P, Guiamet P. Productos ambientalmente amigables de origen vegetal empleados en el control de

microorganismos intervinientes en el biodeterioro del patrimonio cultural. Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM. UNLP. La Plata, Argentina, 2012.

58. Borrego S, Valdés O, Vivar I, Lavin P, Guiamet P, Battistoni P, Gómez de Saravia S, Borges P. Essential oils of plants as biocides against microorganisms isolated from Cuban and Argentine documentary heritage. ISRN (International Scholarly Research Network) Microbiology, Volume 2012, Article ID 826786, 7 pages, doi:10.5402/2012/826786. 2012.
59. Gómez de Saravia S, Borrego S, Lavin P, Valdés O, Vivar I, Battistoni P, Guiamet P. Environmentally friendly products from plants in the control of biodeteriogen agents. Natural Products. An Indian Journal (NPAIJ) 2013; 9(5):167-174.
60. Borrego S, Gómez de Saravia S, Valdés O, Vivar I., Battistoni P., Guiamet P. Biocidal activity of two essential oils on the fungal biodeterioration of historical documents. International Journal of Conservation Science (IJCS) (In press).
61. Stampella P, Arenas PM, López A, Borrego S, Vivar I, Cabrera N. Plantas útiles en el control de insectos bibliófagos. En: Tradiciones y transformaciones en Etnobotánica. Pochettino, M.L., Ladio, A.H., Arenas, P.M. (Editoras). CYTED - Programa Iberoamericano Ciencia y Tecnología para el Desarrollo: 2010: p. 423-427.
62. Pellegatta D. Protective garment for protecting against troublesome insect stings (citronella). EP 1616492 Patent, Jul 7th, 2007.
63. Rashan LJ, Rashan FJ. Therapeutic use of an extract from leaves of Nerium oleander. EP 1803461 Patent, Jul 4th, 2007.
64. Carnevali F, Van der Esch SA. Composición que comprende aceite de Neem y extracto de aceite de Hypericum que presenta propiedades cicatrizantes, repelentes y biocidas para el tratamiento de heridas externas. ES 2299062 Patent, May 15th, 2008.
65. Conservación de Sustratos Celulósicos S.L. 2009. Fungicidas. [Consultado: 21 de enero de 2008]. Disponible en: http://www.productosdeconservacion.com/index.php?opcion=2,11.
66. Catálogo Marco Polo. 2008. Artículos de limpieza. México. [Consultado: 21 de enero de 2008]. Disponible en: http://www.edmarcopolo.com.
67. Reagor L, Gusman J, McCoy L, Carino E, Heggers JP. The effectiveness of processed grapefruit-seed extract as an antibacterial agent: I. An in vitro agar assay. J. Altern. Complement. Med. 2002; 8:325-332.
68. Hegger JP, Nottingham J, Gusman J, Reagor L, McCoy L, Carino E, Cox R, Zhao JG. The effectiveness of processed grapefruit-seed extract as an antibacterial agent: II. Mechanism of action and in vitro toxicity. J. Altern. Complement. Med. 2002; 8:333-340.
69. Krajewska-Kulak E, Likaszuk C, Niczyporuk W. Antifungal activity of 33% grapefruit-water glycerol solution. J. Eur. Acad. Dermatol. Venerol. 2003; 17:486-487.
70. Cvetnic Z, Vladimir-Knezevic S. Antimicrobial activity of grapefruit seed and pulp ethanolic extract. Acta Pharm. 2004; 54: 243-250.
71. Silva-Aguayo G. Insectidas Vegetales. Texto Mundial de MIP de Radcliffe. Universidad de Minnesota, EE UU: 2002. [Consultado: 21 de enero de 2008]. Disponible en: http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/GsilvaSp.htm.
72. Storti ML, Bevilacqua M. Complejo citrícola: Limón. En: Producción Regional por Complejos Productivos. Dirección de Información y Análisis Regional y Dirección de Información y Análisis Sectorial, Buenos Aires, Argentina: 2011:19 p.[Consultado: 18 de octubre de 2011 http://www.mecon.gob.ar/peconomica/.../Complejo_Citricola_%20Limon.pdf.