

---

# IDENTIFICACIÓN DE AGENTES CONTAMINANTES DE LA COLECCIÓN DEL HERBARIO DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, TUNJA (BOYACÁ-COLOMBIA).

---

IDENTIFICATION OF CONTAMINANTS FROM THE UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, TUNJA (BOYACÁ-COLOMBIA) HERBARIUM COLLECTION

*ROSERO LASPRILLA, Liliana<sup>1</sup>  
LIZARAZO FORERO, Luz Marina<sup>2</sup>  
GÓMEZ BERNAL, Clara Marcela<sup>3</sup>  
ÁLVARO ALBA, Wilson Ricardo<sup>4</sup>  
LANDÍNEZ TORRES, Ángela Yaneth<sup>5</sup>  
LAGOS LÓPEZ, Mayer Isnardo<sup>6</sup>  
ACOSTA VEGA, Natalia Lizeth<sup>7</sup>  
ZABALA RIVERA, Juan Carlos<sup>8</sup>  
HERNÁNDEZ-BUITRAGO, Sandra Milena<sup>9</sup>  
DÍAZ SUÁREZ, Hugo Armando<sup>10</sup>  
MENESES ORTEGÓN, Luz Andrea<sup>11</sup>  
DÍAZ TAMAYO, Edilma Raquel<sup>12</sup>*

<sup>1</sup>Bióloga, Doctora en Ciencias Biológicas Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Correspondencia: lilianaroslasprilla@gmail.com

<sup>2</sup>Bacterióloga y laboratorista clínico, Post Doctor en Microbiología Agrológica Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

<sup>3</sup>Licenciado en Biología y Química Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

<sup>4</sup>Biólogo, Magíster en Ciencias-Biología Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

<sup>5</sup>Biólogo, Magíster en Bioética Fundación Universitaria Juan de Castellanos

<sup>6</sup>Biólogo Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

<sup>7</sup>Biólogo, Magíster en Ciencias Biológicas Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

<sup>8</sup>Biólogo Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

## RESUMEN

El daño biológico en colecciones se hace a través de la acción de insectos y microorganismos, principalmente hongos, los cuales causan fisuras, rompimientos y decoloración en la superficie de hojas. Teniendo en cuenta la importancia de preservar la colección biológica del Herbario UPTC, se revisaron 5572 ejemplares de angiospermas para determinar el estado de contaminación por hongos o insectos. Los insectos se recolectaron con pincel y agujas de disección, se preservaron en alcohol al 70 % y se determinaron hasta el nivel taxonómico posible. Se empleó el raspado de áreas con cambio de coloración, roturas y presencia de hongos y el método de sedimentación en placa para el muestreo ambiental empleando PDA como medio de cultivo. Los géneros de hongos identificados fueron *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Verticillium*. En dos muestras se encontraron levaduras, en 10 se aislaron Bacilos Gram+ esporulados y en una Bacilos Gram- esporulados. El hallazgo de 12 ejemplares con contaminación por hongos y la

presencia de nueve insectos, especialmente formas inmaduras del orden Psocoptera, en siete ejemplares, indican que el manejo de la colección del Herbario UPTC para la época en que se realizó este estudio se encontraba en un estado de conservación relativamente bueno. Sin embargo, la presencia de los agentes de biodeterioro identificados, sugiere realizar monitoreos periódicos e implementar un plan de manejo integrado a largo plazo que incluya la reducción o eliminación del control químico para conservar la integridad de los ejemplares y evitar el riesgo en las personas a cargo de la colección.

**Palabras clave:** *bacterias, biodeterioro, herbario, hongos filamentosos, insectos.*

## ABSTRACT

Biological damage in collections is caused by the action of insects and microorganisms, especially fungi, which cause cracks, breaks and discoloration on the surface of leaves. Keeping in mind the importance of preserving Herbarium UPTC biological collection, 5572 specimens of angiosperms were examined to determine the state of contamination by fungi or insects. The insects were collected with brush and dissecting needles, were preserved in alcohol 70% and were determined to taxonomic level possible. Scraping areas with discoloration, breaks and fungi was used and the sedimentation method in environmental sampling plate as using PDA medium. The genre of fungi *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium* and *Verticillium* were identified. The yeast were found in two specimens, the Bacilos Gram+ sporulated in 10 specimens and Bacilos Gram- sporulated in one specimen. The discovery of 12 individuals with fungal contamination and the presence of nine insects, especially immature forms of the order Psocoptera, in seven specimens, indicate that the handling of the Herbarium UPTC collection to the time when this study was conducted was in a relatively good state of preservation. However, the presence of agents of biodeterioration identified suggests periodic

<sup>9</sup>Biólogo  
Universidad Pedagógica y Tecnológica  
de Colombia

<sup>10</sup>Biólogo  
Universidad Pedagógica y Tecnológica  
de Colombia

<sup>11</sup>Biólogo, Magíster en Ciencias  
Biológicas Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia

<sup>12</sup>Biólogo  
Universidad Pedagógica y Tecnológica  
de Colombia

---

Recibido: 10/06/2014  
Aceptado: 07/09/2014

monitoring, also implementing an integrated management plan that includes long-term reduction or elimination of chemical control to preserve the integrity of the specimens and reduce the risk of people in charge of the collection.

**Key words:** *bacteria, Bio-deterioration, filamentous fungi, herbarium, insects*

## INTRODUCCIÓN

Las colecciones biológicas son un instrumento vital para el conocimiento de los recursos naturales de un lugar, siendo depositarias de la biodiversidad regional o nacional, pasada y actual de nuestro planeta (Delgadillo, 1986; Funk, 2003; Suarez & Tsutsui, 2004; Simmons & Muñoz-Saba, 2005; Gairola *et al.*, 2013). Ante el deterioro actual de los ecosistemas naturales, pueden llegar a ser los únicos sitios que guardarán pruebas de la existencia de formas de vida ya desaparecidas (Fernández *et al.*, 2005). Delgadillo (1986), Simmons & Muñoz-Saba (2005) y Lane (2006), destacan que el valor de una colección radica en la representatividad, en el estado de los ejemplares, la calidad de su preparación y en la información que los acompaña. Dicho valor se incrementa conforme crece el número de ejemplares, pudiendo dicha colección apoyar diversos estudios y además generar la realización de proyectos que involucren diferentes disciplinas (Delgadillo, 1986; Fernández *et al.*, 2005).

Los especímenes, las notas de campo, y otros datos alojados en herbarios constituyen valiosas e irremplazables fuentes de información sobre las plantas y el mundo que estas habitan. Proveen de material comparativo que es esencial para estudios en taxonomía, sistemática, ecología, anatomía, morfología, biología de la conservación, biodiversidad, etnobotánica y paleobiología, los cuales además pueden ser usados para

la enseñanza y extenderse al uso público a través de las exhibiciones o visitas guiadas a los herbarios (Funk, 2003). Quizás el mejor testimonio de la contribución de las colecciones científicas al conocimiento científico lo constituye la prominencia de referencias a museos en revistas prerrevisadas. Muchas publicaciones en las más prestigiosas y citadas revistas, en los campos de la ecología y la biología evolutiva, recaen sobre datos y material de referencia de los Museos (Suarez & Tsutsui, 2004).

La importancia de las colecciones de historia natural y el consenso general de que estos recursos deben ser mantenidos para su utilización futura ha generado interés en conservarlas y manejarlas adecuadamente. El manejo de las mismas involucra los diferentes mecanismos que deben adoptarse para que los objetos allí guardados cumplan su propósito de investigación y documentación de la biodiversidad futura y pasada (Williams & Cato, 1995; Linnie, 1996).

Los componentes del manejo de una colección incluyen preservación, procesamiento de especímenes, procesamiento de datos, manejo de datos, computarización, almacenaje y mantenimiento. Este último aspecto es esencial para lograr el propósito de conservar la integridad, utilidad y estabilidad de los especímenes que la conforman con el fin de que estén disponibles para la investigación futura (Williams & Cato, 1995).

Los nuevos estándares subrayan la importancia de no exponer los especímenes indiscriminadamente a químicos, tales como preservativos, adhesivos o pesticidas a causa del riesgo de pérdida, o modificación los componentes ultraestructurales, químicos, genéticos, o viables (semillas y esporas) del espécimen (Williams & Cato, 1995; Linnie 1994; Linnie, 1996). Además se conoce muy poco sobre la interacción de muchos químicos con las estructuras celulares y moleculares de materiales orgánicos (algunas de estas sintetizadas en Simmons & Muñoz-Saba, 2005) y como estas podrían afectar el valor investigativo o la estabilidad de los especímenes.

La necesidad de métodos no intrusivos hace de las prácticas de conservación preventiva una aproximación lógica para direccionar las necesidades de conservación de las colecciones. Estas prácticas involucran eliminar o minimizar el deterioro químico, mecánico y biológico en las colecciones. Las bases para la conservación preventiva están suministrando protección a los especímenes al reducir la exposición de los mismos a factores negativos del medio ambiente de la colección. Esto se hace por ejemplo, apagando luces, evitando amontonamiento de especímenes, colocando los especímenes en unidades de almacenamiento cerradas cuando no están en uso y practicando el manejo integrado de plagas (Linnie, 1996; Simmons & Muñoz-Saba, 2005).

De acuerdo con Querner *et al.* (2013) hoy en día el manejo integrado de plagas es una parte importante de la conservación preventiva, enfocándose sobre la prevención de infestación de plagas y la reducción de aplicación de pesticidas. Esto se logra sellando los edificios contra plagas, controlando

el microclima, manteniendo estándares higiénicos altos, conservando en cuarentena los objetos que entran y monitoreando la infestación de plagas con trampas. Solamente cuando sea necesario se usan los métodos no peligrosos para tratar objetos infestados. Por ejemplo en Europa muy pocos museos usan regularmente pesticidas contra insectos plaga. Los métodos de tratamiento fueron cambiados a métodos libres de químicos como calor, congelamiento o tratamientos anóxicos principalmente con nitrógeno o CO<sub>2</sub> (Florian, 1990; Valentin, 1993; Pinniger, 2003; Querner *et al.*, 2013). En los Museos de Europa los químicos son solamente usados en emergencias o cuando ningún otro método puede ser aplicado. Además desde el siglo pasado se han producido cambios evidentes en el enfoque de los procedimientos utilizados en museos y diferentes instituciones encargadas del cuidado y manejo de objetos históricos o culturales para el manejo de plagas, debido principalmente a que los métodos químicos muy utilizados en los años 80 y 90 (Linnie, 1994) fueron restringidos por problemas de salud y legislación (Williams & McLaren, 1990).

Desafortunadamente los ejemplares de colecciones biológicas pueden afrontar problemas de conservación debido a que se componen de materiales orgánicos y se preservan en una gran variedad de materiales inorgánicos (Simmons & Muñoz-Saba, 2005).

Existen otros trabajos sobre colecciones biológicas (Constain, 1994; Michalski, 1994<sup>a</sup>; Rose & Hawks, 1995 en Simmons & Muñoz-Saba, 2005), los cuales concuerdan en afirmar que pueden existir varios agentes de deterioro entre los cuales se pueden mencionar:

Vicio Inherente: la mayoría de los ejemplares están compuestos de proteínas inestables; cuando la planta pasa por un proceso de refrigeración y secado, las proteínas que la conforman se desintegran en moléculas más pequeñas, lo cual genera procesos de desnaturalización.

Plagas: se incluyen insectos, otros artrópodos, mohos, bacterias, roedores y cualquier otro organismo que cause daño. Los insectos que atacan colecciones son muy selectivos; existen familias enteras que son más o menos inmunes a sus ataques (Bignoniaceae, Gesneriaceae, Pinaceae y Acanthaceae) (Lewis, 1991). Sin embargo hay otras, la gran mayoría, a las que le son destruidas las flores, los frutos, las semillas y las partes vegetativas suaves. Las familias más atacadas son: Solanaceae, Scrophulariaceae, Capparaceae, Brassicaceae, Asclepiadaceae, Apocynaceae, Papaveraceae, Ranunculaceae, Nymphaeaceae, Liliaceae, Araceae, Fabaceae, Rosaceae y Asteraceae, pero hay otras como Apiaceae, Brassicaceae, Papaveraceae y Scrophulariaceae, en las que el daño es mucho mayor; los insectos llegan a acabar con el ejemplar y, a veces, hasta con la colección completa (Merrill, 1948). Los insectos son atraídos por ciertos olores que despiden las plantas y particularmente las flores, pero el olor no es el único factor atrayente: también cuenta el contenido químico de las hojas, flores y polen ya que son grupos con alto contenido de glucósidos, alcaloides o elementos alimenticios (Lot & Chiang, 1986).

El deterioro originado por las plagas o biodeterioro se puede definir como un cambio indeseable en las propiedades de un material y es causado por la actividad vital de los organismos. Referido a las propiedades,

es el daño físico, químico y estético causado biológicamente por agentes tales como: insectos, algas, líquenes, hongos y bacterias y soportado por presencia de sustancias orgánicas susceptibles al ataque de microorganismos heterótrofos y dependiente de las condiciones microclimáticas de temperatura y humedad relativa (Pinzari *et al.*, 2006; Vaillant & Valentín, 1996).

El Herbario UPTC, es una dependencia de la Escuela de Ciencias Biológicas, que tiene entre sus funciones la colección biológica (plantas) de gran valor histórico, informativo, ecológico, sistemático y evolutivo del departamento de Boyacá y el piedemonte andino. En el año 2004 estaba compuesto por más de 15.000 ejemplares que datan desde el año 1970; incluía dos secciones, la primera abarcaba una mayor área en la cual se encontraba la colección principal de plantas vasculares y no vasculares. La colección de plantas vasculares, organizada bajo el sistema de clasificación de Cronquist (1981), presentaba ejemplares montados, etiquetados y determinados a familia, género y/o especie organizados en sus respectivas camisas y anaqueles metálicos.

En lo referente a características de seguridad de esta sección, los estantes se encontraban relativamente próximos a ventanales que daban al exterior del edificio central de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. La otra zona, que se encontraba un poco más aislada y contaba con apenas una puerta y una ventana que daba al exterior del edificio central de la universidad, estaba destinada al proceso de secado de ejemplares, además allí se encontraba una serie numerosa de ejemplares sin identificar y sin montar (provenientes de

colectas realizadas antes de los años 90 por diferentes investigadores y prácticas docentes). Ante esta situación, se consideró conveniente organizar y limpiar esta sección del herbario y además seleccionar los ejemplares mejor preservados para que ingresasen a la zona donde se encontraba la colección principal en los armarios definitivos para su posterior determinación e inclusión en las camisetas correspondientes. Los ejemplares que no estaban en buenas condiciones para pasar a la colección del herbario se fueron descartando para evitar problemas de contaminación a futuro (Williams & McLaren, 1990).

El manejo de plagas de la colección del herbario UPTC contemplaba dos procedimientos básicos, el primero consistía en aislar los ejemplares que iban a ingresar a los armarios definitivos en bolsas plásticas y refrigerarlos por 15 días antes de ubicarlos en los estantes de la colección principal. El segundo procedimiento se realizaba mediante control químico, el cual consistía en realizar una fumigación anual con Phostoxin, un químico de uso limitado en Museos (Linnie *et al.*, 1990) y considerado como un veneno extremadamente tóxico para insectos y mamíferos (Hall, 1988). Durante el proceso de limpieza y organización de la segunda sección, los ejemplares seleccionados (sin identificar y sin montar), inicialmente se aislaban en una bolsa plástica y se dejaban en nevera por 15 días. Adicionalmente se realizaba un monitoreo periódico cada mes en la colección del herbario consistente en revisar aleatoriamente algunos ejemplares.

A finales del año 2004 se percibió signos de aparente contaminación (restos de insectos, manchas) en algunos ejemplares de la colección ubicada dentro de los anaqueles ya organizados, por lo cual se consideró pertinente iniciar el proyecto de identificación de agentes contaminantes del Herbario UPTC, que el año anterior habían propuesto algunos de los integrantes del entonces denominado grupo de investigación herbario con el fin de verificar posibles plagas y su incidencia en los ejemplares de la colección.

Este trabajo se centró en responder las preguntas de investigación: ¿cuál es el estado de contaminación por plagas de los ejemplares que forman parte de la colección de referencia del Herbario UPTC, en el periodo 2004 a 2006? y ¿existe algún riesgo potencial de daño en la colección a partir de la presencia de los agentes causantes de biodeterioro? Encaminados a detectar y proponer correcciones en el manejo y conservación de la colección se aislaron e identificaron hongos relacionados directamente con problemas de deterioro. Además se identificaron los insectos considerados plagas potenciales o que tuviesen alguna actividad biológica en los ejemplares (oviposiciones). Para nuestro conocimiento este es el primer trabajo que realiza una revisión amplia y cuidadosa de ejemplares de herbario en Colombia con el fin de verificar agentes causantes de biodeterioro, así como el riesgo potencial de la colección de angiospermas debido a la presencia de biodeteriogenos.

## METODOLOGÍA

El trabajo se realizó entre julio de 2004 y septiembre de 2006. El muestreo se llevó a cabo en el Herbario UPTC de la Escuela de Biología y la fase de aislamiento e identificación de agentes contaminantes en el Laboratorio de Biología Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Se hizo un diseño estadístico en el cual se definieron los anaqueles de cada armario de manera aleatoria en los que se iba a realizar la revisión de posibles agentes contaminantes (insectos y hongos). El número total de ejemplares a revisar de la colección del Herbario se definió de acuerdo con la fórmula:

$$n = \frac{No}{1 + \frac{No}{N}} \quad \text{Dónde: } No = \frac{(z)^2 p \cdot q}{(\alpha)^2} = \frac{(2,57)^2 (0,51) \cdot (0,49)}{(0,0102)^2} = 15864,71$$

$$n = 5588,21$$

Dónde: n= tamaño de muestra; N= número total de ejemplares; z= valor de la normal; p= probabilidad de objetos de mayor representatividad; q= (1 - p) probabilidad de objetos de menor representatividad;  $\alpha$ : 0,0102; Intervalo de confianza: 0,9898

Se tomó el número de ejemplares totales (N) de 8627 de la colección de angiospermas y de acuerdo con la fórmula se determinó revisar 5588 para observar la presencia de agentes contaminantes. Posteriormente se procedió a observar en detalle bajo estereoscopio todos los ejemplares encontrados en los anaqueles seleccionados. Para cada ejemplar depositado se anotó datos de familia, género, indicando además si presentaba contaminación y el posible agente y partes de la planta afectadas. Esta información se consignó en un formato elaborado para tal fin. Se hizo un registro fotográfico de los agentes contaminantes encontrados en la colección del Herbario UPTC. En una fase avanzada del muestreo fue necesario suspender la revisión debido al inicio de trabajos de adecuación de las instalaciones del herbario. Esta situación ocasionó que finalmente se realizara la revisión de 5572 ejemplares (98,98 %) de la muestra establecida inicialmente.

Para el caso de insectos, estos se recolectaron con pincel y agujas de disección y se preservaron en alcohol al 70 % en frascos pequeños debidamente rotulados para su determinación. La determinación de los insectos fue realizada hasta el nivel taxonómico posible (orden, familia y género). Las muestras de hongos fueron tomadas utilizando bisturí y asas micológicas, mediante raspado de las áreas con presencia de cambio de coloración, roturas y presencia de hongos, depositando el raspado correspondiente sobre cajas de petri con PDA (agar papa-dextrosa). Las cajas se incubaron a 30 °C por 5 a 10 días. Una vez se obtuvo crecimiento de colonias fúngicas, se identificaron hasta género, según morfología macroscópica y microscópica, previa realización de montajes con azul de lactofenol, empleando la técnica de cinta adhesiva transparente, y preparaciones entre lámina y laminilla. Los montajes fueron observados en microscopio óptico de luz con objetivos

de 10x y 40x. La identificación de los géneros más representativos se realizó mediante el uso de claves de identificación taxonómica de hongos (Barnett & Hunter, 1998). Para el caso de colonias presentes en el PDA sugestivas de levaduras o bacterias se realizó la morfología macroscópica y morfología microscópica mediante tinción de Gram y para la observación de esporas

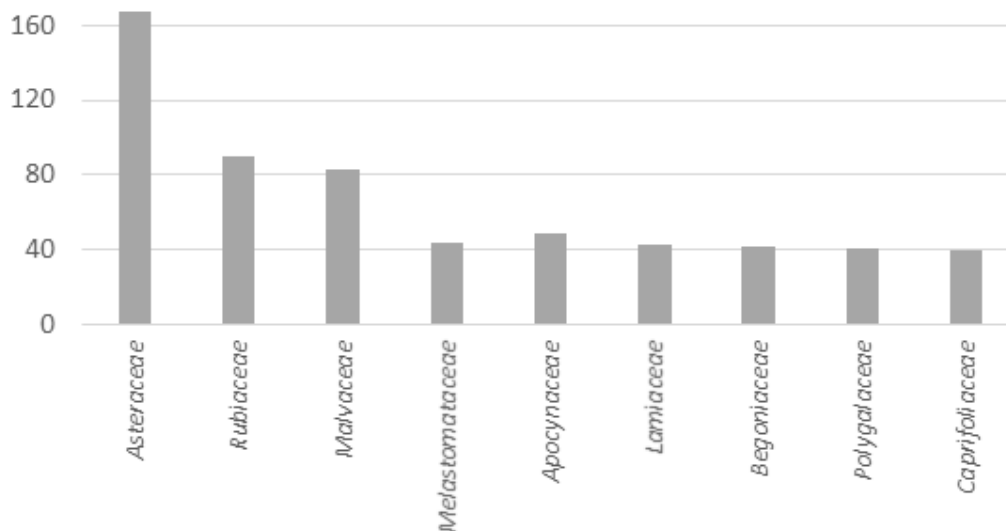
de los bacilos se empleó la tinción verde de malaquita.

Adicionalmente se realizó un monitoreo ambiental del Herbario, el cual consistió en muestrear los hongos presentes en el interior de las instalaciones del herbario y registrar durante el transcurso de la investigación la humedad relativa y la temperatura.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se revisaron 5572 ejemplares de 105 familias de Angiospermas del herbario distribuidos en 247 anaqueles de 18 armarios. Se encontró un total de 1493 ejemplares con contaminación aparente por hongos y/o insectos (Apéndice 1). Las familias de plantas con el mayor número de ejemplares con aparente contaminación fueron: Asteraceae (167 ejemplares), Rubiaceae

(90), Malvaceae (83), Melastomataceae (44), Apocynaceae (49), Lamiaceae (43), Begoniaceae (42), Polygalaceae (41) y Caprifol biodeteriogenos iaceae (40); los demás ejemplares revisados, que corresponden a 96 familias, presentaron entre 0 a 39 ejemplares con aparente contaminación por hongos y/o insectos (Figura 1).

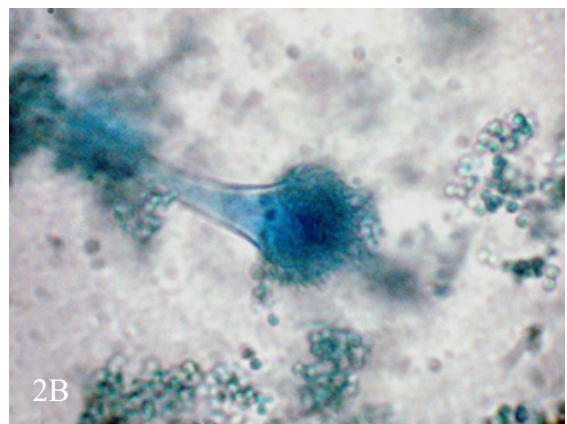
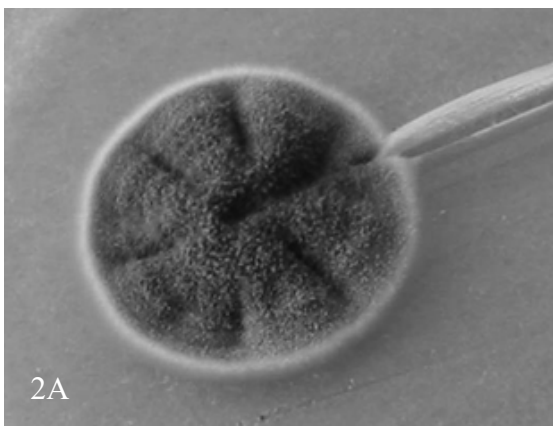


**Figura 1.** Familias de Angiospermas con el mayor número de ejemplares con aparente contaminación por hongos y/o insectos.

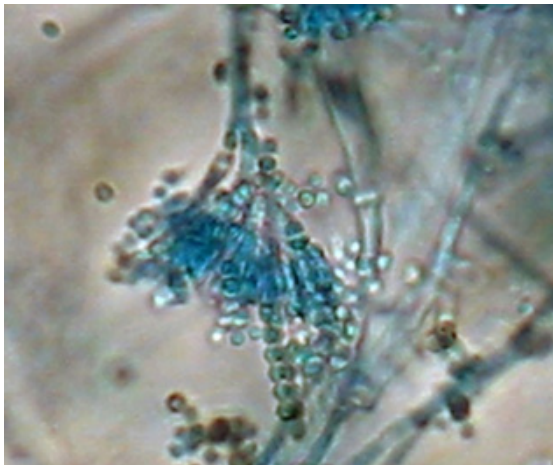


De estos 1493 ejemplares, se seleccionaron 290 muestras teniendo en cuenta nuevamente la fórmula arriba señalada y a partir de estos aislar los posibles hongos en las muestras. Solamente en 25 de las 290 muestras, que representan el 8,6 % de los ejemplares seleccionados, se aisló algún tipo de hongo y/o bacteria. En 12 de las muestras se aislaron e identificaron hongos de los géneros: *Aspergillus* (en

cuatro muestras; dos de ellas pertenecientes a la especie *Aspergillus niger* P.E.L. van Tieghem), *Penicillium* (en tres muestras), *Alternaria*, (en dos) y un aislado de *Cladosporium*, *Fusarium*, y *Verticillium* (Figuras 2a, 2b, 3, 4, 5). En dos muestras se encontraron levaduras, en 10 muestras Bacilos Gram positivos esporulados y en una muestra Bacilos Gram negativos esporulados (Tabla 1).



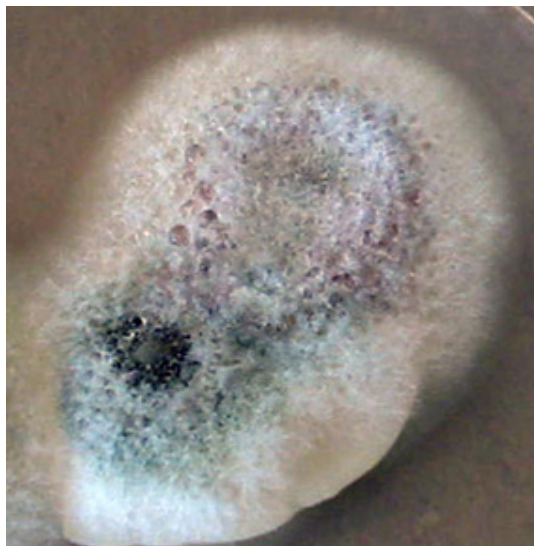
**Figuras 2a.** Aspecto macro del hongo *Aspergillus niger* P.E.L. van Tieghem aislado de hojas de un ejemplar de *Annona jahnii* Saff. (Annonaceae). **2b.** Microfotografía de la estructura reproductiva de *A. niger* aislado de hojas de un ejemplar de *A. jahnii*. Tinción con azul de lactofenol



**Figura 3.** Microfotografía de *Penicillium* sp. Aislado de *Fusarium* sp. hojas de un ejemplar de *Juncus* sp. (Juncaceae). Tinción *Psidium guajava* L. con azul de Lactofenol



**Figura 4.** Aspecto macro del hongo aislado de hojas de un ejemplar de (Myrtaceae).



**Figura 5.** Aspecto macro del hongo *Cladosporium* sp., aislado de hojas de un ejemplar de *Juncus* sp. (Juncaceae).

**Tabla 1.** Relación de ejemplares botánicos del Herbario UPTC en los cuales se aislaron hongos, bacterias o levaduras.

No. Herbario	Familia	Especie	Hongo o bacteria aislados
2780	Acanthaceae	<i>Blechnum brownei</i> Juss.	Bacilos Gram + esporulados
326	Annonaceae	<i>Annona jahnii</i> Saff.	<i>Aspergillus niger</i> P.E.L. van Tieghem
8585	Asteraceae	<i>Achyrocline</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.
4794	Asteraceae	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	<i>Penicillium</i> sp.
6656	Asteraceae	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Bacilos Gram + esporulados
9396	Bignoniaceae	Indeterminada	<i>Verticillium</i> sp.
9865	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Bacilos Gram + esporulados
1119	Clusiaceae	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hongo no identificado
1391	Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	Bacilos Gram – esporulados
1367	Cyperaceae	<i>Cyperus tenuis</i> Sw.	Bacilos Gram + esporulados

8311	Ericaceae	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	Bacilos Gram +
10999	Fagaceae	Indeterminada	<i>Aspergillus</i> sp.
6062	Juncaceae	<i>Juncus</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp. <i>Penicillium</i> sp.
774	Lamiaceae	<i>Hyptis brevipes</i> Poit.	<i>Aspergillus niger</i> P.E.L. van Tieghem
10932	Lamiaceae	Indeterminada	Bacilos Gram + esporulados
1387	Malvaceae	<i>Gossypium herbaceum</i> L.	Bacilos Gram + esporulados
2928	Malvaceae	<i>Malachra rudis</i> Benth.	Bacilos Gram + esporulados
1375	Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Levaduras
387	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	<i>Fusarium</i> sp.
4126	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Levaduras
3761	Onagraceae	<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) H. Hara	Bacilos Gram + esporulados
3466	Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	Bacilos Gram + con esporas
11472	Polygalaceae	<i>Securidaca</i> sp.	<i>Alternaria</i> sp.
9673	Solanaceae	<i>Capsicum ciliatum</i> (Kunth) Kuntze	<i>Penicillium</i> sp.
13909	Tiliaceae	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	<i>Alternaria</i> sp.

En el monitoreo ambiental se aislaron los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Trichoderma*. La humedad relativa (HR) promedio fue de 57 % y la temperatura promedio de 18° C en el transcurso de la investigación.

De los 5.572 ejemplares revisados de la colección del Herbario, 408 ejemplares, que representan el 7,3 %, presentaron insectos o restos de ellos y otros artrópodos muertos. Solamente nueve de los artrópodos,

(coleópteros de la familia Lyctidae, himenópteros de la familia Formicidae, ácaros y psocópteros), encontrados muertos en los ejemplares revisados parecen constituir plagas potenciales de ejemplares de Herbario, por el grupo trófico al cual pertenecen. (Tabla 2). Los ácaros muertos se encontraron en las especies de plantas: *Byrsonima arthropoda* A. Juss. (Malpighiaceae), *Ageratina tinifolia* (Kunth) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae), *Centropogon cornutus* (L.) Druce

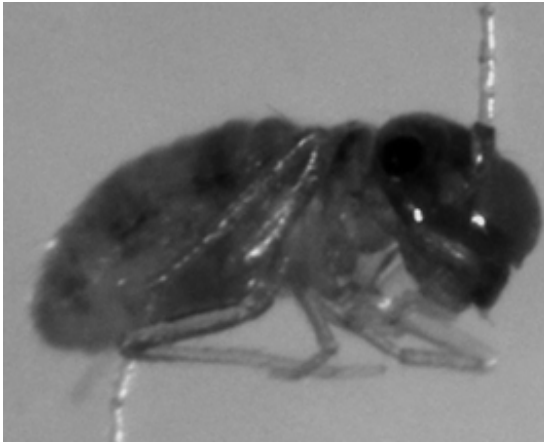
(Campanulaceae) y *Arenaria* aff. *soratensis* Rohrb. (Caryophyllaceae); el coleóptero de la familia Lyctidae sobre *Borreria densiflora* DC. (Rubiaceae); los himenópteros de la familia Formicidae en *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) y *Clibadium asperum* (Aubl.) DC. (Asteraceae) y los psocópteros en las especies *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae) y *Espeletia incana* Cuatrec. (Asteraceae). En muchos casos los artrópodos encontrados estaban en mal estado o deshidratados, lo que hace suponer que son insectos que quedaron durante el proceso de prensado y secado de las plantas.

Tabla 2. Identificación de los insectos muertos encontrados en los ejemplares del herbario UPTC.

Clase	Orden	Familia	Grupo trófico
Acari			Saprófago (tejido seco)
Araneae			Predador
Insecta	Diptera	Phoridae	Saprófago
Insecta	Hemiptera	Anthocoridae	Predador
Insecta	Hemiptera	Aphididae	Fitófago
Insecta	Hemiptera	Lygaeidae	Fitófago
Insecta	Hemiptera		Generalmente fitófagos
Insecta	Hemiptera		Fitófago
Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	Fitófago
Insecta	Hymenoptera	Braconidae	Parasitoide
Insecta	Hymenoptera	Apidae	Fitófago
Insecta	Thysanoptera		Generalmente fitófagos
Insecta (larva)	Hemiptera		
Insecta (huevo)	Hemiptera		
Insecta (larva)			
Insecta (pupa)			
Insecta (huevo)			
Insecta	Coleoptera	Lyctidae	Saprófago (Barrenadores)
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Omnivoro
Insecta	Psocoptera		Micófagos

En siete ejemplares de las familias Anacardiaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Gentianaceae, Moraceae, Piperaceae y Polygalaceae se evidenció la presencia de seis insectos vivos, cuatro de ellos correspondientes a formas inmaduras del orden Psocoptera (Figura 6), uno de

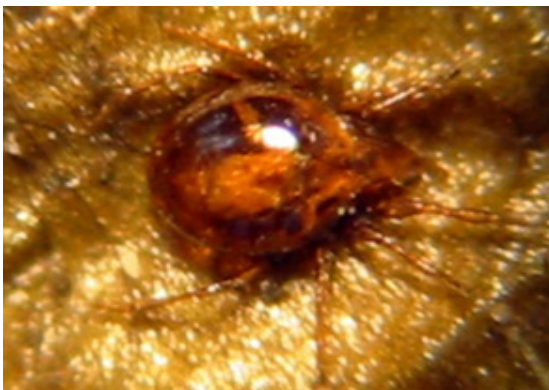
Coleoptera (Figura 7) y uno de Hemiptera. En un ejemplar de la familia Polygalaceae se encontró un artrópodo de la clase Arachnida (Figura 8) y solamente en dos ejemplares de Monnina de la familia Polygalaceae se encontraron huevos de algún grupo de insectos (Figura 9).



**Figura 6.** Forma inmadura de Psocoptera encontrado en un ejemplar de *Anacardium* (Anacardiaceae)



**Figura 7.** Lyctidae (Coleoptera) encontrado en un *Symbolanthus* sp. (Gentianaceae).



**Figura 8.** Acari encontrado en un ejemplar de *Monnina* sp encontrados en un (Polygalaceae).



**Figura 9.** Huevos de Homóptera (Polygalaceae)

## DISCUSIÓN

La revisión detallada bajo el estereoscopio de las partes de los ejemplares botánicos de la colección del herbario UPTC, aparentemente afectadas por hongos o insectos, no evidenció los usuales residuos

dejados por la actividad de consumo de insectos y muchas de las manchas que inicialmente se atribuyeron al efecto del crecimiento de hongos no resultaron en el desarrollo de colonias en los medios de

crecimiento utilizados para comprobar los hongos presentes en la colección. Los resultados de esta minuciosa revisión así como el bajo número de ejemplares (12) en los cuales se registró y aisló seis géneros fúngicos, sugieren que probablemente se encontraban esporas de estos hongos en el aire y llegaron a depositarse en los ejemplares secos, una vez que los hongos registrados durante el monitoreo ambiental coinciden con algunos de los encontrados en las muestras revisadas. Según Abe & Murata (2014) las esporas de los hongos están siempre flotando en el aire, se infiltran en los cuartos de almacenamiento y se adhieren a los objetos almacenados en dichos cuartos.

En términos generales los hongos son los más importantes agentes de biodeterioro de material orgánico, muchas de las especies de *Aspergillus*, *Trichoderma* y *Penicillium* producen una variedad de ácidos orgánicos como oxálico, cítrico, succínico, etc. y enzimas extracelulares (proteolíticas, celolocíticas) (De Leo & Urzi, 2014) y sus hifas pueden ejercer presión mecánica sobre el material de soporte en el cual se encuentren causando debilitamiento del mismo (Borrego *et al.*, 2012) por la degradación de las moléculas complejas, desde la lignina hasta moléculas más simples, como migajas y además son los responsables de manchas en los ejemplares (Linnie, 1994; Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Sin embargo, el desarrollo y mantenimiento de una comunidad fungal que se encuentre en un sustrato dado va a depender del microambiente (temperatura, humedad relativa, luz) y los eventos que ayuden en la colonización, entre los cuales estarían dispersión de insectos, contaminación

humana y fuentes externas de diversidad de hongos (Borrego *et al.*, 2012). Teniendo en cuenta esto y dado que solo se comprobó en los medios de cultivo utilizados en esta investigación la presencia de hongos en 12 de los 1493 ejemplares revisados y que adicionalmente no se observó a simple vista signos de debilitamiento o el crecimiento de hifas característico en los materiales que son altamente afectados, se presume que las especies de hongos registradas en los ejemplares no estaban prosperando en el sustrato donde se encontraban. Es posible que los hongos presentes en el ambiente interno del herbario se llegaron a depositar en los ejemplares secos, pues los hongos registrados durante el monitoreo ambiental coinciden con algunos de los encontrados en las muestras revisadas. De acuerdo con Hartung & Rodríguez (1996), Medina *et al.* (1999), Bueno *et al.* (2003), Aira *et al.* (2006), Maghraby *et al.* (2008) y Rojas *et al.* (2008), la presencia de esporas de los géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Alternaria* en ambientes internos es común. Borrego *et al.* (2012) resaltan que los tres primeros géneros son muy comunes en ambientes internos e indican que *Aspergillus* y *Penicillium* son géneros fungales cosmopolitas que pueden colonizar varias superficies.

Las condiciones ambientales tales como la humedad relativa, la temperatura, precipitación, corrientes de aire, contaminación y actividades humanas, influyen de manera determinante en las concentraciones de esporas fúngicas de ambientes exteriores y en la proliferación y propagación de estas hacia los espacios interiores (Lopez *et al.*, 1986; Ricci *et al.*, 1996; Stepalska & Wolek, 2005; Prospero

*et al.*, 2005; Saiz-Jiménez & González, 2007). Singh *et al.* (1995), Páez (1997) y Medina *et al.* (1999) indican que los seis géneros fúngicos registrados en este estudio son responsables de causar deterioro de libros, objetos de arte, material audiovisual, pintura, papel tapiz, madera, murales, entre otros. Y aunque no existen reportes publicados sobre el efecto de estos géneros de hongos en colecciones de herbario, Borrego *et al.* (2012) señalan que *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp. y *Alternaria* spp. son fuertemente celulocíticos; por tanto, bajo ciertas condiciones ambientales (humedad relativa alta y medio ambiente sin ventilación) serían capaces de colonizar los especímenes secos.

Además en el levantamiento realizado por Linnie (1994) en 72 Museos de Historia Natural, se atribuye a los hongos de manera general la degradación general de material zoológico, botánico y etnográfico, incluyendo la aparición de manchas y decoloración en los especímenes. La humedad relativa promedio registrada en el transcurso de la investigación (57 %), estuvo en el límite del rango óptimo señalado por Gallo (1993) quien considera que entre un 60-90 % se puede dar el desarrollo de hongos y causar alteraciones en las colecciones, y es menor al 85 % requerida para el crecimiento bacteriano. Sin embargo, Abe & Murata (2014) afirman que una humedad relativa de 60 % no es enteramente segura y bajo ciertas condiciones puede permitir la formación de manchas café en la superficie de algunos objetos culturales provocadas por hongos xerofílicos en etapas iniciales de crecimiento, cuando las esporas no son visibles a simple vista. Entre tanto,

la temperatura promedio del ambiente registrada en esta investigación (18 °C), al parecer fue adecuada. Sequeira *et al.* (2012) refieren literatura que indica que temperaturas por debajo de 20 °C con buena circulación de aire son apropiadas para almacenar documentos impresos con el fin de que no se presente deterioro por microorganismos, mientras que Simmons & Muñoz-Saba (2005) indican que en temperaturas inferiores a 20 °C no hay crecimiento de hongos.

La contaminación microbiana de ambientes internos puede ser favorecida por factores como humedad elevada, ventilación reducida, temperatura y un sustrato como la celulosa que proporciona, principalmente a los hongos, nutrientes necesarios para un óptimo crecimiento (Aira *et al.*, 2006). Al parecer las condiciones microclimáticas del ambiente del herbario contribuyeron a reducir la propagación de estos hongos en la colección. Así mismo, la baja incidencia de bacterias en los ejemplares puede deberse a las condiciones ambientales en las cuales se encontraba la colección. Valentín (2001) por ejemplo indica que las cepas bacterianas requieren una humedad relativa superior al 85 % para su crecimiento debido a su mayor necesidad de agua.

Dentro de las colonias de bacterias, la morfología microscópica más frecuente correspondió a Bacilos Gram positivos esporulados. Dominancia de bacterias Gram positivas, también la registraron Borrego *et al.* (2012) en el Archivo histórico del Museo de la Plata. Estos autores atribuyeron la presencia de las mismas a actividad humana, una

vez que muchas de estas bacterias son transportadas en la piel y mucosas. Borrego *et al.* (2012) indican que los bacilos son capaces de excretar enzimas hidrolíticas tales como proteasas y quitinasas que pueden degradar proteínas y quitinasas. Es posible que estos bacilos junto con hongos como *Penicillium* sean los responsables de algunas de las manchas registradas en algunos de los ejemplares, una vez que Valentin *et al.* (1997), Pangallo *et al.* (2007) y De Paolis & Lippi (2008) atribuyen muchas de las manchas coloreadas presentes en libros y otros objetos de arte en madera a la presencia de géneros como *Bacillus*, entre otras bacterias. Mientras que Palacios & Martínez (1992) afirman que *Penicillium* es frecuentemente observado en obras de arte en los países tropicales y es responsable de la aparición de manchas en estos objetos culturales. Adicionalmente en la investigación de Linnie (1994) varios Museos de Historia Natural atribuyeron la decoloración y manchas en material zoológico, botánico y etnográfico a hongos.

Para la mayoría de los artrópodos encontrados muertos en los ejemplares revisados de la colección (Tabla 3) no se reporta que se alimenten de algún tipo de tejido seco propio de las colecciones. Los escarabajos de la familia Lyctidae son saprófagos barrenadores de la madera en sus estados larval y adulto (Borror *et al.*, 2005). Estos pertenecen a la superfamilia Bostrichoidea en la cual se encuentran las familias Anobiidae y Bostrichidae que son junto con Lyctidae ampliamente reportados como plagas de la madera y pueden afectar diferentes elementos leñosos que se encuentren en una colección

(Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Sin embargo, como ya se mencionó estaban muertos y no se identificaron señales de daño en los ejemplares, lo cual sugiere que no estaban afectando la colección.

De los 9 artrópodos encontrados vivos (7 adultos y dos puestas de huevo), los psocópteros y el escarabajo de la familia Lyctidae podrían ser un factor de riesgo para la colección. Los primeros conocidos como insectos de los libros y plagas de museos (Sáenz & De La Llana, 1990), infestan plantas de herbario pero no causan daño, aunque su presencia indica problemas de humedad y probablemente la presencia de moho dañino (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Según Hall (1988) los psocópteros se alimentan principalmente de hongos microscópicos y se encuentran principalmente en especímenes de herbario secos de las familias Asteraceae, Brassicaceae y monocotiledóneas y en los lugares donde se ha acumulado papel humedecido. Es probable que su aparición en los dos ejemplares donde se hallaron (Asteraceae y Piperaceae) se hubiese originado de la segunda sección del herbario, donde se encontraban una serie de ejemplares en papel periódico acumulados sin procesar.

El ejemplar de Lyctidae encontrado vivo, como se indicó ya es reportado como peste de la madera y puede afectar diferentes elementos leñosos que se encuentren en una colección. La baja incidencia de estos dos grupos de insectos en la colección principal indica que el control químico utilizado durante los años 2004 a 2006 aparentemente fue suficiente para controlar una infestación masiva de estos grupos.



## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la colección de angiospermas del Herbario UPTC presentaba, para la época de realización de este estudio, un bajo riesgo de biodeterioro por hongos (8,6 % de los ejemplares con algún tipo hongo y/o bacteria), insectos y otros artrópodos (0,16 % de los ejemplares con algún grupo de insecto con actividad biológica). Por otra parte, no se encontró evidencia de daño físico o estético en los ejemplares secos por actividad de los insectos y artrópodos o microorganismos allí presentes. La presencia de hongos biodeteriogenos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Trichoderma* sugiere que puede existir riesgo de daño, el cual dependerá también de las condiciones del ambiente en las cuales se mantengan los ejemplares. En relación con los insectos registrados como fuentes potenciales de deterioro se resaltan dos de ellos. El primero sería el registro en uno de los ejemplares secos de artrópodos vivos del orden Psocoptera, categorizado como micófago y el segundo, encontrado en otro ejemplar de la colección del Herbario, de un Coleoptera de la familia Lyctidae, documentado con actividad xilófaga y que

pueden llegar a ser plagas potenciales en las colecciones de plantas secas (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Estos hallazgos sugieren la necesidad de realizar monitoreos periódicos en la colección en particular de aquellos ejemplares en los cuales se hallaron los agentes potenciales de daño para determinar con mayor precisión algún posible efecto adverso de los hongos y bacilos registrados y además controlar la proliferación de los dos grupos de insectos registrados vivos en los ejemplares de la colección del Herbario UPTC.

Por otra parte es fundamental prever acciones de tratamiento con el fin de controlar la proliferación de estos grupos en la colección del Herbario. La mejor alternativa para evitar cualquier riesgo a futuro de los ejemplares es implementar un plan de manejo integrado de plagas de la colección conducente a crear estrategias de optimización de recursos, el cuidado de la colección y la salud de las personas que laboran en la misma, teniendo en cuenta la información y recomendaciones de Florian (1990), Dove (1995), Simmons & Muñoz-Saba (2005), Taylor (2005), Howlett & Horak (2006) y Abe & Murata (2014).

## AGRADECIMIENTOS

Esta contribución es derivada del proyecto “Estado actual de las colecciones biológicas mediante la identificación de agentes contaminantes en el Herbario UPTC” planteado por el entonces denominado Grupo de Investigación Herbario UPTC y ahora Grupo de Investigación Biología para la Conservación. A la Dirección de Investigaciones de la UPTC (DIN) por

el apoyo financiero. A David Sánchez y Fernando Fernández del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia por la determinación de los insectos y bibliografía suministrada. A Daniel Galindo por el apoyo en el diseño estadístico del muestreo a realizar en la colección del Herbario UPTC para este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K. & MURATA, T. 2014. A prevention strategy against fungal attack for the conservation of cultural assets using a fungal index. *International Biodeterioration & Biodegradation* 88: 91-96.
- AIRA, M. J., RODRÍGUEZ-RAJO, F. J., JATO, V. & PIONTELLI, E. 2006. Análisis cuantitativo y cualitativo de la aeromicota aislada de la catedral de Santiago de Compostela (Galicia, España). *Boletín Micológico* 21: 27-34.
- BARNETT, H. L. & HUNTER, B. B. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi*. APS Press. Pennsylvania, USA. 240pp.
- BORREGO, S., LAVIN, P., PERDOMO, I., GOMEZ DE SARAVIA, S. & GUIAMET, P. 2012. Determination of indoor air quality in archives and biodeterioration of the documentary heritage. *International Scholarly Research Network Microbiology* 2012: 1-10.
- BORROR, D. J., DELONG, D.M. & TRIPLEHORN C. A. 2005. *An introduction to the study of insects*. V edition. Saunders College Publishing. Philadelphia, USA. 928pp.
- BUENO, D. J., SILVA, J. O. & OLIVER, G. 2003. Hongos ambientales en una biblioteca: un año de estudio. *Anales de Documentación* 6: 27-34.
- CRONQUIST, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, Nueva York.
- DE LEO, F. & URZI, C. 2014. Microfungi from deteriorated materials of cultural heritage. In MISRA, J. K., TEWARI, J. P., DESHMUKH, S. K., VÁGVÖLGYI, C. (eds.), *Fungi from different substrates*. CRC Press Taylor & Francis Group. New York, USA. 486pp.
- DE PAOLIS, M.R. & LIPPI, D. 2008. Use of metabolic and molecular methods for the identification of a bacillus strain isolated from paper affected by foxing. *Microbial Research* 163(2): 121-131.
- DELGADILLO, C. 1986. Briófitas. En LOT, A. & CHIANG, F. (Comps.), *Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. Consejo Nacional de la Flora de México, México D.F. 161pp.
- DOVE, C. J. 1995. Evaluation of an integrated pest management program, division of birds, U.S. National Museum of Natural History. *Collection Forum* 11(1): 28-38.
- FERNÁNDEZ, F., MUÑOZ-SABA, Y., SIMMONS, J.E. & SAMPER, C. 2005. La gestión en la administración de las colecciones biológicas. En: SIMMONS, J.E. & MUÑOZ-SABA, Y. (eds.). *Cuidado, Manejo y Conservación de las Colecciones Biológicas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 288pp.
- FLORIAN, M. L. 1990. Freezing for Museum insect pest eradication. *Collection Forum* 6(1): 1-7.
- FUNK, V. A. 2003. 100 uses for a herbarium (well at least 72), *ASTP Newsletter*, 17: 17-19.
- GAIROLA, S., MAHMOUND, T., BHATT, A. & EL-KEBLAWY, A.A. 2013. Importance of seed banking and herbarium collections in biodiversity conservations and research: a new initiative in the United Arabes Emirates. *Current Science* 105(8): 1048-1050.
- GALLO, F. 1993. Aerobiological research and problems in libraries. *Aerobiologia* 9: 117-130.

- HALL, A. V. 1988. Pest Control in Herbaria. *Taxon* 37(4): 885-907.
- HARTUNG, C. & RODRÍGUEZ, P. 1996. Frecuencia de hongos en el ambiente de dos bibliotecas en Venezuela. *Boletín Informativo de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 16(2): 11-21.
- HOWLETT, P. & HORÁK, J. 2006. Integrated collection management at the National Museum Wales. *Collection Forum* 21(1-2): 58-63.
- LANE, R. 2006. Foreword. *Collection Forum* 21(1-2): 3.
- LEWIS, W. H. 1991. Selective insect damage in Tropical Herbarium collections. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 58 (1): 91.
- LINNIE, M. J. 1994. Pest control in Natural History Museums, a world survey. *Journal of Biological Curation* 1(5): 43-58.
- LINNIE, M. J. 1996. Integrated Pest Management: A proposed strategy for Natural History Museums. *Museum Management and Curatorship* 15(2): 133-143.
- LINNIE, M. J., VANCE, D., FRIEDMAN, B. A., MILBURN, M. & BOWDLER, D. 1990. Professional notes: Conservation: Pest Control in Museums- the use of chemicals and associated health problems. *Museum Management and Curatorship* 9: 419-433.
- LÓPEZ, M. R., RUIZ, S. D., HUERTA, J. G., ESQUENAZE, A. & ÁLVAREZ, T. 1986. Variación estacional de hongos productores de alergias en el sur de la Ciudad de México. *Allergol et Immunopathol* 14: 43-48.
- LOT, A. & CHIANG, F (comps.). 1986. *Manual de herbario*. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México. 161pp.
- MAGHRABY, T. A., GHERBAWY, Y. A. & HUSSEIN, M. A. H. 2008. Keratinophilic fungi inhabiting floor dusts of student houses at the South Valley University in Egypt. *Aerobiología* 24: 99-106.
- MEDINA, L., TUOZZO, A., HERRERA, J., PEROZO Y. & GONZÁLEZ, L. 1999. Estudio de hongos en bibliotecas de la Universidad de Carabobo-Valencia 3(1): 1-17.
- MERRILL, E. D. 1948. On the control of destructive insects in herbarium. *Journal of the Arnold Arboretum* 29: 103-110.
- PÁEZ, V.F.E. 1997. Guía para la conservación preventiva en archivos. *Archivo general de la nación*. Colombia. 23-29.
- PALACIOS, F. & MARTÍNEZ, C. 1992. The problem of biodeterioration of natural history collections in tropical countries. Simposio internacional y primer congreso mundial sobre preservación y conservación de colecciones de historia natural. Ministerio de Cultura, Madrid. 426pp.
- PANGALLO, D., SIMONOVICOVA, A., CHOVANOVA, K. & FERIONE, P. 2007. Wooden art objects and the museum environment identification and biodegradative characteristics of isolated microflora. *Letters in Applied Microbiology* 45(1): 87-94.
- PINNIGER, D. B. 2003. Saving our treasures- controlling Museum pests with temperature extremes. *Pesticide Outlook* 14: 10-11.
- PINZARI, F., PASSQUARIELLO, G. & DE MICO, A. 2006. Biodeterioration of paper: A SEM study of fungal spoilage reproduced under controlled conditions. *Macromolecular Symposia* 238: 57-66.
- PROSPERO, J. M., BLADES, E., MATHISON, G. & NAIDU, R. 2005.

- Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. *Aerobiologia* 21:1-19.
- QUERNER, P., SIMON, S., MORELLI, M. & FÜRENKRANZ, S. 2013. Insects pests management programmes and results from their application in two large museums collections in Berlin and Vienna. *International Biodeterioration & Biodegradation* 84: 275-280.
- RICCI, S., BRUNI, M., MERIGGI, A. & CORSICO, R. 1996. Aerobiological monitoring for fungal spore in rehabilitation hospital in northern. *Aerobiologia*. 12(4): 233-37.
- ROJAS T.I., MARTÍNEZ, E., AIRA, M.J. & ALMAGUER, M. 2008. Aeromicota de ambientes internos: comparación de métodos de muestreo. *Boletín Micológico* 23: 67-73.
- SÁENZ, M. R. & DE LA LLANA, A. A. 1990. *Entomología Sistemática*. Managua. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 224pp.
- SAIZ-JIMÉNEZ, C. & GONZÁLEZ, J. M. 2007. Aerobiology and cultural heritage: some reflections and future challenges. *Aerobiología* 23: 89-90.
- SEQUEIRA, S., CABRITA, E.J. & MACEDO, M. F. 2012. Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration & Biodegradation* 74: 67-86.
- SIMMONS, J. E. & MUÑOZ-SABA, Y. (eds.). 2005. *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 288pp.
- SINGH, A., GANGULI, M. & SINGH, A.B. 1995. Fungal spores are an important component of library air. *Aerobiología* 11: 231-237.
- STEPALSKA, D. & WOLEK, J. 2005. Variation of fungal spore concentrations of selected taxa associated to weather conditions in Cracow, Poland, in 1997. *Aerobiología* 21: 43-52.
- SUAREZ, A.V. & TSUTSUI, N.D. 2004. The value of Museum collections for Research and Society. *Bioscience* 54:66-74.
- TAYLOR, J. 2005. An integrated approach to risk assessments and conditions surveys. *Journal of the American Institute for Conservation* 44(2): 127-141.
- VAILLANT, C. M. & VALENTÍN, N. 1996. *Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro*. Primera edición. Editorial Ministerio de la Educación y Cultura, Madrid. 158pp.
- VALENTÍN, N. 1993. Comparative analysis of insect control by nitrogen, argon and carbon dioxide in Museum, archive and herbarium collections. *International Biodeterioration & Biodegradation* 32: 263-278.
- VALENTÍN, N. 2001. Microbial contamination and insect infestation in Spanish museums, archives and libraries. *Coalition* (3): 5-6.
- VALENTÍN, N., VAILLANT, M. & GUERRERO, H. 1997. Programa de control integrado de plagas en bienes culturales de países de clima mediterráneo y tropical. *Apoyo* 7: 13-14.
- WILLIAMS, S. L. & CATO, P. S. 1995. Interaction of research, management, and conservation for serving the long-term interest of natural history collections. *Collection Forum* 11(1): 16-27.
- WILLIAMS, S. L. & MCLAREN, S. B. 1990. Modification of storage design to mitigate insect problems. *Collection Forum* 6(1): 27-32.