

Identificación de microorganismos causantes del deterioro en pinturas al óleo del Museo Universitario Colonial Charcas, Sucre 2016

Identification of Deterioration in Microorganisms Causing Oil Paintings University Museum of Colonial Charcas, Sucre 2016

ENCINAS – Carmen*, MAGARIÑOS – Magaly, CORRALES – Myriam, BORDA – Cristhian y WAYAR – Álvaro

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Químico Farmacéuticas y Bioquímicas, Carrera de Bioquímica, calle Dalence N° 51 Casilla N° 328 – Telf. 64-56628 Fax (591) (4) 64-52504

Recibido Octubre 17, 2016; Aceptado Noviembre 18, 2016

Resumen

Sucre es una ciudad turística que alberga riquezas culturales distribuidas en sus diferentes museos, uno de ellos es el Museo Universitario Colonial Charcas que cuenta con una amplia colección de obras pictóricas, en cuyos depósitos de conservación se realizó la toma de muestras de pinturas al óleo sobre lienzo para identificar microorganismos causantes de su deterioro, así mismo se realizó control microbiológico de ambientes donde se almacenan estas bellas obras de arte.

Para su desarrollo se adoptó un estudio descriptivo, observacional y de corte transversal. Analizándose 20 muestras pictóricas cuyos resultados muestran el predominio de microorganismos de tipo bacteriano contaminando el 95% de las pinturas frente a un 50% de hongos en las mismas, a diferencia del trabajo de tesis ejecutada en la gestión 2015 en el mismo Museo con predominio de hongos. Esta diferencia puede deberse a la época en la que se realizó las tomas de muestras confirmando que un ambiente húmedo es propicio para la proliferación de hongos.

Respecto al control microbiológico de ambientes, pese a la proliferación microbiana cabe destacar los esfuerzos realizados por los restauradores para mantener las obras libres de factores que pudieran deteriorarlas, convirtiendo este Museo en uno de los patrimonios culturales mejor conservados.

Palabras Clave

Microorganismos, deterioro, pinturas al óleo, control ambiental.

Abstract

Sucre is a tourist town that hosts cultural riches distributed in different museums, one of them is the University Museum Colonial Charcas which has a large collection of paintings, whose deposits conservation sampling of oil was performed on canvas to identify microorganisms that cause spoilage, also microbiological control of environments where these beautiful works of art are stored performed.

For development a descriptive, observational and cross-sectional study was adopted. Analyzed 20 pictorial samples whose results show the prevalence of microorganisms of bacterial type contaminating 95% of the paintings compared to 50% of fungi in the same unlike the thesis work performed the previous administration in the same Museum prevalence of fungi. This difference may be due to the time when the sampling was performed confirming that a moist environment is conducive to fungal growth.

Regarding the microbiological control of environments, microbial growth despite noteworthy efforts by restorers to keep free works of factors which may cause deterioration, making this museum one of the best preserved cultural heritage.

Key words

Microorganisms, deterioration, oil, environmental control.

Citación: Encinas C, Magariños, Corrales M, Borda C y Wayar A. Identificación de microorganismos causantes del deterioro en pinturas al óleo del Museo Universitario Colonial Charcas, Sucre 2016. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación 2016, 13-14: 793-804

Introducción

El deterioro de los bienes culturales es un proceso natural y progresivo inevitable con el pasar del tiempo, condicionado por variantes o factores ya sean físicos, químicos y/o biológicos. El deterioro biológico de una obra pictórica es un fenómeno complejo que implica varias condicionantes para el desarrollo de comunidades microbianas entre ellos están: la luz, el oxígeno, la humedad, entre otros, siendo la última uno de los factores más importantes en el crecimiento microbiano.

Las obras pictóricas contienen una amplia variedad de constituyentes orgánicos e inorgánicos, proporcionando diferentes fuentes de energía y asimilación para el crecimiento y proliferación de los microorganismos.

Desde hace tiempo los microorganismos se consideran agentes potenciales del biodeterioro de nuestra herencia cultural artística. Hacia la mitad del pasado siglo, el francés Pochon, un famoso microbiólogo del Instituto Pasteur, comenzó a destacar en sus publicaciones el papel de los microorganismos en el biodeterioro de los templos de Angkor y en diversos edificios parisinos (Krumbein y Pochon, 1964).

Sobre las paredes de muchos monumentos y otras obras de arte se desarrollan biopelículas o biofilms que están formados por grupos de microorganismos capaces de provocar pátinas y modificaciones indeseables en el substrato. Entre esos grupos hay numerosos representantes de los denominados microorganismos quimiolitotrofos, que no necesitan materia orgánica para crecer y que pueden proliferar a expensas de la oxidación de materia inorgánica.

En consecuencia, esta propiedad los convierte en activos degradadores de las obras de arte.¹

También se destaca en Granada, en la tesis doctoral de Fernando Poyatos Jiménez², la demostración de que los procesos de biodeterioro de obras de arte pictóricas que datan del siglo XVI hasta la primera mitad del siglo XVIII en un intento de abrir nuevas vías de investigación sobre los procesos de alteración que se producen, y datos precisos acerca del estado de conservación de los materiales que constituyen los lienzos. En la cual, los experimentos con obra real reflejaron que hongos *Aspergillus*, *Alternaria* y *Penicillium* y las bacterias *Micrococcus* y *Bacillus* son especialmente frecuentes en el biodeterioro de estos materiales.²

En Latinoamérica se desarrollaron similares estudios como “Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en algunos museos, herbarios y colecciones de interés científico en la ciudad de Guatemala 2012” por la investigadora Karin Larissa Herrera Aguilar.

Ahora bien estudios realizados en Bolivia destaca el trabajo “Deterioro causado por microorganismos en textil arqueológico y lienzos” realizado en la ciudad de La Paz, a través del Instituto de Investigaciones en Productos Naturales (IIPN) y el Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, Universidad Mayor de San Andrés 2012.

Finalmente en Sucre, una tesis realizada en la gestión 2015 por dos estudiantes de la carrera de Bioquímica (Daza V. y Rojas W.) también en el museo Colonial Charcas en el que los principales resultados de 20 pinturas al óleo sobre lienzo fue que éstas en un 85% presentaban bacterias como *Bacillus difteromorphos* y *Bacillus subtilis* y hongos del género *Penicillium sp.*

Es así que el propósito de esta investigación fue dar continuidad al trabajo empezado por las tesis arriba mencionadas para indagar más acerca de qué otros microorganismos se encuentran deteriorando estos bienes culturales pero, además realizar a su vez el control microbiológico de los ambientes donde se ubican las pinturas al óleo sobre lienzo objeto de este estudio, para identificar una de las principales causas de la proliferación de éstos microorganismos y remediar los factores involucrados en el deterioro biológico, otorgando soluciones que coadyuven a la preservación de las pinturas.

Tomando en cuenta que en la actualidad no se llevan a cabo iniciativas encaminadas a analizar los problemas que afectan en la conservación de estos bienes culturales, tampoco existe una concientización sobre el valor de conservación y cuidado de nuestro patrimonio cultural ya sea por las autoridades y/o por el mismo pueblo siendo una temática escasamente atendida y apoyada.

La necesidad de un cambio importante en cuanto a la conservación del Patrimonio Cultural en nuestro país y en nuestra ciudad llama a reflexionar sobre la importancia de la misma siendo un legado de nuestros antepasados que debería perdurar para las futuras generaciones ya que forma parte de nuestra historia.

Los microorganismos pueden colonizar prácticamente cualquier hábitat siempre y cuando reúnan los requerimientos nutricionales y ambientales para su desarrollo y crecimiento, los bienes culturales no son una excepción, siendo una fuente rica en nutrientes para los microorganismos por los componentes orgánicos que los constituyen.

El Museo Colonial Charcas es uno de los museos más prestigiosos y reconocidos de Bolivia, dependiente de la Universidad Mayor Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, que cuenta con una amplia colección entre las cuales se mencionan pinturas de arte,

esculturas de alto relieve de imágenes religiosas, muebles, platería, urnas religiosas, y otras que abarcan desde la época Colonial, pasando por la época Republicana, llegando a la época Contemporánea. Destacando así la sala de arte colonial que cuenta con 588 pinturas al óleo en sus distintos soportes, siendo el mayor número de obras pictóricas aquellas pinturas al óleo sobre lienzo con un total de 378 pinturas.

Respecto a la conservación el museo cuenta con un taller/laboratorio de Conservación y Restauración donado por el instituto Italo Latino-Americano a través del proyecto de cooperación “Primer Curso Internacional de Formación/Especialización de Recursos Humanos Bolivianos y de otros Países Andinos en Conservación y Restauración en el Museo Colonial Charcas”.

Esta donación tan importante permite al museo realizar trabajos de consultoría de Restauración y Conservación de las piezas más emergentes.

En cuanto al almacenamiento y conservación de los bienes culturales del Museo están a cargo de los restauradores al igual que su supervisión.

Actualmente el almacenamiento se lo realiza en depósitos, los cuales son inspeccionados y monitoreados con mucha frecuencia. Las condiciones climatológicas de los ambientes se mantienen estables con una humedad relativa de 45% hasta 65% con ayuda de ventiladores y el uso de la para-di-cloro-benceno para controlar las fluctuaciones de humedad. La iluminación de las salas de almacenamiento también se encuentran controladas, las ventanas están totalmente cubiertas para que la luz del sol no ocasione daños a los objetos sobre todo a base de materiales orgánicos. Las luces son apagadas al salir después de cada monitoreo.

Repasando algunos conceptos importantes se tiene:

Pinturas al óleo: De forma genérica los materiales que conforman las pinturas se disponen en una serie de capas sobre un soporte, distinguiendo: capa de preparación, capas pictóricas y capas de protección.

Para la correcta conservación de la obra, un requisito muy importante es la adecuada cohesión entre las diferentes capas.³

Materiales constitutivos:

a) Soporte orgánico

Proceden de los seres vivos y por ello sufren cambios dimensionales al modificarse la humedad ambiental.

Entre ellos⁴:

1. La madera es el soporte más antiguo utilizado en la pintura de caballete. Tradicionalmente, los troncos de madera se apeaban en invierno y se secaban al aire de dos a quince años en cobertizos bien ventilados para su uso como soporte. Fue empleada por los Griegos y Egipcios pero su uso se generalizó a partir del siglo XI, alcanzando su apogeo en los siglos XIV y XV en Europa Meridional y XV y XVI en Europa Septentrional. En el renacimiento comienza a ser reemplazada por la tela, aunque se mantuvo su empleo hasta el siglo XIX en que se produce su decadencia.

2. Materiales textiles se empiezan a utilizar como soportes de pinturas a partir del siglo XV, aunque son escasos los ejemplares conservados de esta época debido a su fragilidad, y más comúnmente desde el siglo XVI, siendo los Venecianos los primeros que emplearon la tela de forma habitual. Antiguamente eran de fibras naturales, generalmente vegetales (lino, a veces cáñamo y algodón) hoy en día también se fabrican con fibras sintéticas.⁴

El lino (lienzo) es un material de origen vegetal constituido por fibras celulósicas que se obtiene a partir del *Linum usitatissimum*, planta perteneciente a la familia de las lináceas, que se extiende y fija en un bastidor, su color va del blanco amarillento al marrón y su composición varía en función del tratamiento al que se haya sometido a la planta. Suele contener un 75- 90% de celulosa, susceptible de biodeterioro, mientras que el contenido en lignina, sustancia más resistente al mismo, es bajo. Puede absorber agua hasta un 13% de su peso.³

3. El papel es un soporte de origen vegetal compuesto esencialmente por fibras de celulosa. Los mejores papeles son los de algodón (más ricos en celulosa y más pobre en lignina), lino y cáñamo.⁴

4. El pergamino y el cuero son de origen animal. El nombre de pergamino deriva de la ciudad de Pérgamo, donde parece remota su origen. Como el cuero, ambos se obtienen de pieles animales después de un tratamiento de salado, secado y humedecimiento posterior, y por último depilación y eliminación de la dermis. El pergamino se estira y desengrasa, mientras que el cuero se trata con taninos y a veces se tiñe. El pergamino ha sido el soporte de los manuscritos iluminados, tan comunes en el Medioevo. Las pinturas sobre cuero son raras, pero hay ejemplares de este tipo de gran belleza por ejemplo en la Alhambra de Granada.⁴

b) Soporte inorgánico

Los soportes inorgánicos son materiales que suelen ser bastante rígidos y porosos, a excepción de los metales. Los materiales pétreos, cerámica estructural y adobes son los soportes habituales de la pintura mural. Los metales y aleaciones han sido escasamente empleados como soporte antes del siglo XVII en la pintura de caballete, limitándose a decoraciones de objetos tales como armas, armaduras y otros complementos bélicos de personajes de alto rango militar.⁴

c) Capa pictórica o imprimación:

Se interpone entre tela y la película pictórica. Se trata de un elemento de fundamental importancia para el resultado final de la obra y por consiguiente, debe estar constituida por materiales de composición y comportamiento bien conocidos que puedan aportar la elasticidad requerida para soportar los movimientos de la tela.

Entre estos materiales, suelen encontrarse las colas (generalmente animales), el yeso y el carbonato de calcio.

Entre las funciones de esta capa, se encuentran: facilitar una distribución uniforme del color e impedir que la capa pictórica sea absorbida por la tela.³

d) Capa de protección:

La capa pictórica necesita protección frente a los ataques provenientes de distintas fuentes como el ambiente. Para protegerla se emplean los barnices, naturales o sintéticos, los cuales deben aplicarse de modo que formen una película resistente, incolora y transparente. Además del soporte, las pinturas sobre lienzo contienen otras moléculas orgánicas que pueden ser utilizadas por los microorganismos para su crecimiento, entre ellas se encuentran²:

- Sustancias de naturaleza lipídica como aceite de linaza.
- Sustancias de naturaleza proteica, como la cola de conejo, cuyo componente fundamental es el colágeno. Este tipo de colas puede concentrar humedad debido a su higroscopicidad, lo que facilita un ataque biológico.

Materiales orgánicos como elementos nutritivos para el desarrollo de microorganismos

Los compuestos orgánicos que pueden presentarse en obras pictóricas sobre lienzo son: las telas como soportes textiles y aquellos materiales que en las capas pictóricas y de preparación deben su uso a sus propiedades filmógenas (son sustancias que se aplican en estado líquido y al secar son capaces de formar capas o películas).

Utilizándose para la preparación de aglutinantes, adhesivos, consolidantes y barnices. Corresponden a los siguientes grupos de sustancias:

Proteínas, polisacáridos, ceras, aceites secantes, resinas naturales y materiales bituminosos.

- Telas: Son entrecruzamiento de hilos de diferentes fibras; entre ellas: fibras vegetales (cáñamo, lino, algodón) y fibras animales (seda, lana), o sintéticas. Las fibras vegetales de los tejidos están compuestas principalmente por celulosa que es un polisacárido formado por la condensación de unidades de B-glucosa. Siendo la celulosa un excelente sustrato para los microorganismos celulíticos.⁴
- Aglutinante: Aglomerante denominado tradicionalmente como medio o vehículo que hará que se fijen los pigmentos al soporte ofreciendo textura a la pintura. Algunos aglutinantes son líquidos, aceite de linaza, aceite de alazor, y otros sólidos como la goma arábiga, ceras, estos últimos deben disolverse o dispersarse en un disolvente (por ejemplo agua) para conseguir un aglutinante líquido. 4
- Adhesivos: Se pueden clasificar principalmente en:
 - El almidón es un polisacárido natural de origen vegetal, es soluble en agua fría pero en caliente se disuelve bien y al enfriarse de lugar al engrudo de almidón que actúa como una cola o adhesivo, es atacable por microorganismos y con el tiempo puede cristalizar.⁵
 - Las colas animales están formadas por gelatina que se obtiene a partir del colágeno proteína existente en la piel y cartílagos mediante la cocción de pieles, huesos o residuos de los animales. Presentan algunas inconvenientes como la putrefacción, el endurecimiento y cristalización.

- La goma arábiga es una secreción de la acacia y se emplea en solución acuosa como aglutinante de los colores de acuarela.³
 - La caseína es la principal proteína de la leche es una fosfoproteína. Es un sólido amorfo, blanco e incoloro, higroscópico inestable cuando se mantiene seco, pero se deteriora rápidamente cuando está húmedo.³
- Barnices: El componente principal es la resina. Existen tipos de resinas atendiendo a su compleja composición, según el nombre de unidades de isopreno que contienen las moléculas de las sustancias terpénicas se clasifican en monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos y triterpenos. Estas últimas son principalmente usadas en obras de arte. Los grandes productores de diterpenos son las coníferas y las caesalpiniáceas. Los triterpenos provienen sobre todo de los angiospermas.³

Factores causantes del deterioro de las pinturas

El deterioro de las obras pictóricas es un proceso natural y progresivo condicionado por variantes o factores como ser: el clima, oxígeno, luz, aire, polvo, humedad, microorganismos, etc. Las obras pictóricas contienen una amplia variedad de constituyentes orgánicos e inorgánicos como se mencionó anteriormente, proporcionando diferentes fuentes de energía y asimilación para el crecimiento y proliferación de los microorganismos.⁶

La diversidad y biomasa de los microorganismos capaces de desarrollarse sobre las obras pictóricas va a estar predeterminada principalmente por los factores ambientales. El factor más importante a la hora de condicionar la presencia de los microorganismos en la obra, es sin duda la disponibilidad de agua.

Por esta razón, resulta fundamental controlar los niveles de humedad relativa, así como el contenido de agua de los materiales constituyentes para mantener la presencia de los microorganismos bajo mínimo.^{4;6}

Posibles microorganismos presentes en las pinturas

Se tiene en (hongos) más frecuentes: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Memnoniella*, *Myrothecium*, *Neurospora*, *Scopulariopsis*, *Stachybotrys*, *Stemphylium*, *Zygomycetes*, *Phoma*, *Pestalotia*, *Botryotrichum*, *Sporotrichum*, *Verticillium*, *Torula*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Sclerotinia*, *Phragmonaevia*.etc.⁷

Los *Basidiomycetes* (los hongos más evolucionados) son menos frecuentes, destacando algunos géneros del orden *Poriales*: *Merulius*, *Coniophora* y *Poria*.⁸

Son las bacterias más frecuentes son *Cellvibrio*, *Sporocytophagamycococoides*, *Cellfalcícula*, *microspora* o especies anaerobias como el *Clostridium*. *Bacillus* de las distintas especies entre ellas *Bacillus pumilus*, *Bacillus circularis*, *Bacillus cereus* y *Micrococcus luteus*.⁷

El orden de bacterias llamado *Actinomycetales*, se considera por separado por ser un grupo con características afines a los hongos. Los géneros más notables son: *Actinomyces* (*Nocardia*) y *Streptomyces*.⁷

Los hongos como contaminantes microbiológicos más frecuentes

Desde el punto de vista evolutivo, los hongos son organismos más desarrollados que las bacterias. Son estructuras normalmente pluricelulares con un metabolismo complejo. Poseen filamentos llamados hifas que forman el micelio o cuerpo vegetativo.

Se desarrollan fácilmente a un pH entre 4-6, humedades relativas superiores a 70 % y temperaturas entre 25°C - 30°C. Las oscilaciones de los parámetros micro climáticos pueden favorecer el desarrollo de las esporas fúngicas. Los hongos al igual que muchas especies bacterianas producen manchas de diferentes tonalidades, como resultado de los productos que excretan. Entre ellos, se reconocen enzimas tales como la celulasa o diferentes tipos de proteasas y ácidos orgánicos (oxálico, fumárico, acético, láctico, glucónico, glucurónico, etc.), los cuales se depositan sobre el soporte modificando sus propiedades químicas y como consecuencia, deteriorándolo.

La actividad de las diferentes especies de hongos se ve favorecida por multitud de factores que incluyen: la humedad relativa, las fluctuaciones de la temperatura, la luz, la naturaleza de los nutrientes del soporte, el contenido de humedad del mismo, las propiedades físicas de la superficie del objeto, el mecanismo de adsorción-emisión de la humedad del material, el pH, la presencia de polvo, el movimiento del aire ambiental y su grado de penetración en el objeto, y las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera. El contenido de humedad en un material es uno de los factores más importantes en el crecimiento microbiano que determina la cantidad de agua presente para la germinación de las esporas microbianas.⁹

Ante el marco y antecedentes anteriores se formuló el **problema** de la siguiente manera ¿qué microorganismos son causantes del deterioro de las pinturas al óleo sobre lienzo respecto a las características ambientales del Museo Colonial Charcas de la ciudad de Sucre?

El **objetivo** general de la presente investigación fue: Identificar los microorganismos causantes del deterioro de pinturas al óleo sobre lienzo en el Museo Universitario Colonial Charcas de la ciudad de Sucre en el primer periodo de la gestión 2016.

Y los objetivos específicos fueron:

- Establecer el tipo de contaminación en las pinturas al óleo sobre lienzo analizadas.
- Identificar microbiológicamente los microorganismos aislados de las pinturas al óleo sobre lienzo.
- Realizar control de ambientes donde se ubican las pinturas al óleo sobre lienzo.

Y con los antecedentes antes expuestos se planteó la **hipótesis** siguiente: De todos los microorganismos identificados, predominará la presencia de hongos en relación a las bacterias por influir la humedad en ambientes en los que se conservan las pinturas.

El **diseño metodológico** con el que se trabajó aplicó principalmente los **métodos observacional** en la selección de las pinturas al óleo sobre lienzo y de los sitios que presentaban deterioro visible, sin intervenir de ningún modo en el curso natural de éstos; y en la observación de las características de los microorganismos aislados en laboratorio. *Descriptivo* porque permitió describir los distintos microorganismos identificados en las obras pictóricas así como las características históricas de cada obra. *Histórico-lógico y bibliográfico documental* para indagar los antecedentes, elaborar el marco lógico, contextual y teórico que permita el estudio de los fenómenos y acontecimientos en el museo reproduciendo en el plano teórico lo más importante.

También se utilizó la **técnica: Observación no participativa**: en dos fases:

- Primero para la recolección de la información inicial en este caso sobre el deterioro de las pinturas al óleo, de los sitios establecidos para la toma de muestra, como de las características ambientales.
- Y segundo en el laboratorio, ya que se observó e identificó mediante técnicas laboratoriales a los diferentes microorganismos que fueron aislados, en laboratorio de Microbiología de las distintas obras pictóricas analizadas.

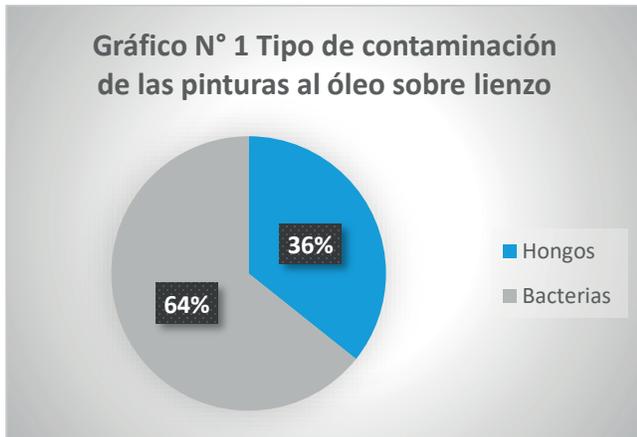


Gráfico 1. Tipo de contaminación de las pinturas al óleo sobre lienzo.

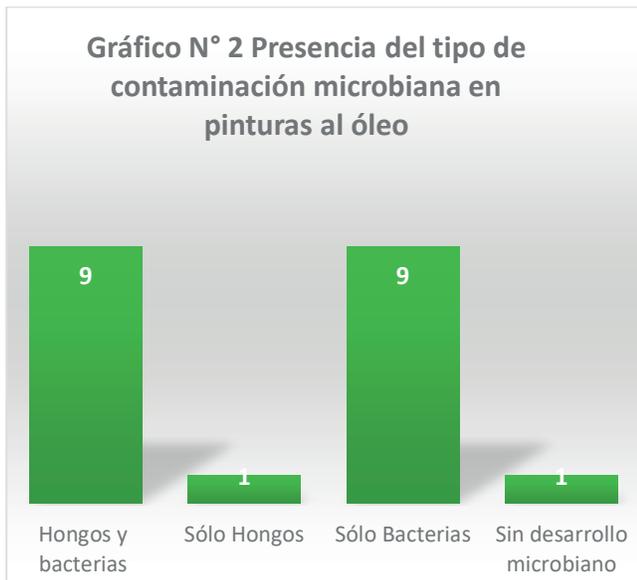


Gráfico 2. Presencia del tipo de contaminación microbiana en pinturas al óleo.

Las bacterias identificadas en orden de predominio son *Bacillus subtilis* de forma individual pero también junto a *Micrococcus luteus* y en dos muestras se observó el desarrollo de *Stafilococcus* y *Bacilos diptheromorfos* por separado.

Respecto al crecimiento de hongos hay predominio de *Penicillium sp.* en cinco muestras, seguido de *Aspergillus sp.* en tres muestras y *Cladosporium* en dos. (Ver gráfico N°3 y 4) Resultados detallados de laboratorio.

Por otra parte el resultado del control microbiano de ambientes fue: en Depósito 1 desarrollo de 13 colonias (10 bacterianas y 2 de hongos) donde los microorganismos encontrados son *Bacillus subtilis*, *Micrococos*, *Penicilium sp.* y *Aspergillus sp.* Respectivamente; en tanto en Depósito 2 desarrollaron 6 colonias (4 de hongos y 2 bacterianas) identificándose el crecimiento de *Bacillus subtilis*, *Micrococos* y *Penicilium sp.*

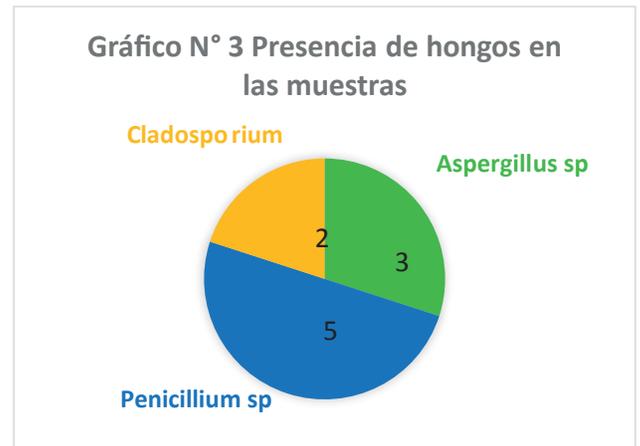


Gráfico 3. Presencia de hongos en las muestras



Gráfico 4. Presencia de bacterias en las muestras

Analizando los resultados obtenidos respecto al trabajo de tesis ejecutado la pasada gestión también en el Museo Colonial Charcas tanto en obras de Arte Colonial y Contemporáneo, en el 85% de las pinturas se observó la presencia de bacterias y hongos: *Bacilos diptheromorfos.*, 35%, *Bacillus subtilis* 30%, en el género de hongos se encontró a *Penicilium* 25% y *Cladosporium* 15%.

Para lo que se diseñó dos **instrumentos**: una *Ficha técnica de identificación* para cada pintura al óleo analizada donde se describió sus principales características y datos históricos relevantes. Y una *Ficha de recopilación de resultados de laboratorio*.

Actividades llevadas a cabo durante la investigación

Una vez realizada la solicitud de autorización a la directora del Museo Universitario Colonial Charcas para tener acceso a los depósitos donde están almacenadas las pinturas al óleo sobre lienzo, se procedió a la toma de muestras de los sitios que presentaban algún deterioro según el juicio de los restauradores del Museo y con ayuda de ellos para la ejecución. Se tomó las muestras en dos etapas alternando cada dos semanas, diez muestras por etapa debido a la posibilidad de procesar adecuadamente en laboratorio de Microbiología de la carrera de Bioquímica.

Después de cada etapa de muestreo se dejó por una hora cajas Petri con Agar Sangre expuestas para el control microbiológico de ambientes.

Posterior a la toma de muestra se aplicó la ficha técnica de identificación para para cada obra pictórica.

Las muestras fueron recogidas con hisopos estériles y depositados en tubos con caldos BHI como medio de enriquecimiento para microorganismos, trasladadas al laboratorio inmediatamente evitando cualquier contaminación ambiental para su sembrado y posterior incubación.

Para el crecimiento de hongos se sembró en el medio agar Sabouraud que es un medio de cultivo empleado para su desarrollo y aislamiento, mediante un sembrado en masa y una incubación a una temperatura de 22°C – 25 °C por unos 7 -15 a 21 días.

La observación microscópica se realizó con azul de algodón que contribuye a la visualización de la morfología y/o esporas de los diferentes hongos.

Para la identificación de las especies de hongos se procedió al microcultivo para obtener hifas intactas facilitando su correcta identificación.

En cuanto al crecimiento de levaduras en el medio de cultivo (agar Sabouraud) se procederá a la tinción de Gram, a la prueba de tubo germinativo y al Zimograma para su posterior identificación. Para el crecimiento de bacterias se utilizaró medios de cultivo Agar Manitol, Agar Mc Conkey y Agar Sangre, mediante un sembrado por agotamiento e incubados a 37°C por 24- 48 horas.

Finalmente se realizó la tinción de Gram para la identificación de bacterias (Gram positivas y Gram negativas); donde los microorganismos se visualizan al microscopio y se utilizó medios de cultivo diferenciales para poner en evidencia características bioquímicas que ayuden a diferenciar géneros o especies de bacterias.

B. Resultados y discusión

Después del procesamiento de las muestras tomadas de pinturas al óleo sobre lienzo, se estableció que el tipo de contaminación en éstas es mayor el de tipo bacteriano (18 de 20 muestras) y sólo 50% de tipo micótico (10 de 20 muestras) y pese a estar ambos tipos de microorganismos en una misma pintura, de todas maneras hubo predominio bacteriano, (ver Gráfico N° 1 y 2)

La diferencia es que en el presente estudio predominó el crecimiento de colonias bacterianas casi en todas las pinturas sobre la contaminación por hongos que sólo se encontró en la mitad de las obras muestreadas. La diferencia de resultados puede deberse a la época del año en que se realizó las tomas de muestras en cada caso, así el primer trabajo se desarrolló el mes de octubre en que hay aumento de humedad propicio para el desarrollo de hongos, en cambio la toma de muestra de la presente investigación se realizó a finales de agosto y principios de septiembre donde el clima es todavía seco.

De todas maneras ambos estudios coinciden con los realizados por López el año 2011, intitulado “Identificación y caracterización de comunidades microbianas presente en pinturas sobre lienzo, en este estudio, las bacterias detectadas con mayor porcentaje pertenecen al género *Bacillus*, y los hongos más frecuentes pertenecen al género *Penicillium*.

Y con otro estudio realizado por Poyatos el año 2007, intitulado “Procesos de biodeterioro en pinturas sobre lienzo del museo de Bellas Artes de Granada: examen visual y gráfico, España”, concluye que los experimentos con obra real reflejan que hongos y bacterias constituyen los grupos de microorganismos que participan de forma más activa en la colonización de los lienzos estudiados. Los hongos *Aspergillus*, *Alternaria*, y *Penicillium* y las bacterias *Micrococcus* y *Bacillus* son especialmente frecuentes en el biodeterioro de estos materiales.

Respecto a los ambientes donde se conservan las pinturas, existió proliferación de colonias microbianas que según normas internacionales debería de ser 0 (cero) pero en ambos depósitos controlados se tuvo resultados positivos para bacterias y crecimiento de hongos, pese a los cuidados que se tiene por parte del Museo para conservar los ambientes en adecuadas condiciones de temperatura, humedad y libre de polvo.

Indagando la posible causa, puede atribuirse a la utilización de ventiladores en días de humedad para proporcionar un ambiente más seco, donde las microesporas que se encuentran en una pintura pueden ser llevadas con el viento que producen los ventiladores contaminando otras obras de arte. Entonces podría pensarse en la adquisición de aire acondicionado que subsane este inconveniente.

Estos resultados conllevan a alertar a los responsables de Museos en ahondar más los cuidados para el mantenimiento y almacenamiento de las obras pictóricas. Así mismo al personal bioquímico a trabajar en este campo de acción de diagnóstico en una primera instancia como se realizó en el presente trabajo y luego de seguimiento, control y prevención de la proliferación de microorganismos en estas obras de arte.

Conclusiones

A través del trabajo microbiológico realizado se logró establecer e identificar el tipo de microorganismos causantes del deterioro de las pinturas al óleo en el Museo Colonial Charcas tanto en obras de Arte Contemporáneo como de Arte Colonial, aunque fueron realizadas por sus autores en diferentes épocas, el material constitutivo estuvo de la misma forma expuesto al biodeterioro por parte de bacterias donde predominó *Bacillus subtilis* y hongos con preponderancia de *Penicillium*.

Aunque la proliferación de un tipo de microorganismo varíe por épocas respecto a los cambios ambientales de calor y humedad, el resultado muestra de todas maneras la presencia de hongos y bacterias que atacan el material constitutivo de las pinturas al óleo sobre lienzo contribuyendo al deterioro de la capa pictórica de éstas.

Respecto a la proliferación microbiana en ambos depósitos donde se realizó el control de ambientes, debe destacarse los esfuerzos

realizados por los expertos restauradores para mantener las obras libres de todo factor ambiental, físico, químico y orgánico que pudiera deteriorarlas, convirtiendo el Museo Colonial Charcas en uno de los patrimonios culturales mejor conservados del país, pero no debe dejarse de lado continuar con los trabajos y controles microbiológicos de los ambientes para alcanzar estándares internacionales de cero contaminación aunque esto sea difícil de lograr pues los microorganismos siempre estarán presentes aunque en forma esporulada esperando el ambiente propicio para proliferar.

C. Referencias Bibliográficas

- Gacto Mariano y Gacto Marina. Los microorganismos y el arte. [Internet]. Madrid: correspondencia Gacto; [9 de diciembre de 2011] citada 18 de mayo de 2016]. Disponible en: https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/33/PDF/33_2011_13.pdf
- Poyato Jiménez Fernando “Procesos de Biodeterioro en pinturas sobre lienzo en el Museo de Bellas Artes de Granada: examen visual y gráfico” Tesis Doctoral (internet) Disponible en: URL <http://hera.ugr.es/tesisugr/1679073x.pdf> (último acceso 6 Septiembre hora 11:19)
- López Miras María del Mar “Identificación y caracterización de comunidades microbianas presentes en pinturas sobre lienzo. Estudio de su capacidad como agentes de biodeterioro”. Tesis doctoral. Universidad de Granada; 22 Julio 2011. (internet). Disponible en: URL <http://hera.ugr.es/tesisugr/20102410.pdf> (último acceso 14 Mayo 2015 hora 13:32).
- Gómez M^a. Luisa “La restauración: Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte” Instituto del Patrimonio Histórico Español - Editorial Cátedra. Madrid 2004.
- Águila Carrillo M^a. “Aglutinantes” (Internet). Disponible en: URL <http://www.revistainfoart.com/index.php/bellas-artes/aglutinantes> (último acceso 8 Septiembre 2015 hora 14:09).
- La Vega Leandro de “La conservación de revestimientos decorativos pintados: Patología y método de estudio” Consejo Superior de Investigaciones Científicas ARBOR.2001 Pág.1-14 URL <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/articloe/viewFile/908/915>
- Villarquide Ana, Villarquide Jevenois Ana “La pintura sobre tela II: alteraciones, materiales y tratamientos de restauración” Editorial NEREA San Bartolomé 2005 (internet). Disponible en URL <https://books.google.com.bo/books?id=VIiJtTCgDyUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false> (último acceso 6 Junio 2015 horas 16:45).
- Bolívar Galiano Fernando C. “Los agentes de biodeterioro del patrimonio pictórico, textil y gráfico”. Departamento de Pintura Facultad de Bellas Artes de Granada (internet). Disponible en: URL <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/download/241/241>. (Último acceso 13 Junio 2015 horas 22:45).
- Herrera Aguilar Karin Larissa “Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en algunos museos, herbarios y colecciones de interés científico en la ciudad de Guatemala” Tesis 3 Septiembre 2012 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT) Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Universidad de San Carlos de Guatemala.

Bibliografía de apoyo

– Águila Carrillo M^a. “Aglutinantes” (Internet). Disponible en: URL <http://www.revistainfoart.com/index.php/bellas-artes/aglutinantes> (último acceso 8 Septiembre 2015 hora 14:09).

– Aliaga Ester María “Morfología y estructura de las bacterias” (internet). Disponible en: URL <https://medicinaupv.files.wordpress.com/2011/04/2-3-clase-morfologc3ada-y-estructura-de-laa-bacterias.pdf> (último acceso 23 Junio 2015).

– Arenas Guzmán Roberto “Micología médica ilustrada” 3^o Edición. Editorial McGRAW – HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. México D.F. 2011.

– Boghi Silvia, De Cesare Grazia “Museo Colonial Charcas” Cuadernos IILA Instituto Italo Latino Americano. Sucre, Bolivia 2007 – 2009.

– Koneman et.al “Diagnostico Microbiológico” 6^o Edición Editorial Médica Panamericana Buenos Aires 2008.

– Nuñez Larrain Jimena “Los Museos de la Ciudad Blanca” (internet). Disponible en: URL http://www.opinion.com.bo/opinion/revista_asi/2014/0525/suplementos.php?id=3584 (último acceso 27 Abril 2015 hora 11:23).

– Pumarola A. et.al “Microbiología y Parasitología médica” 2^o Edición Editorial SALVAT S.A Barcelona, España.

– Quinayas Maryuri, Quiñones Jovanna, Moreno Angélica “Actinomicetos” 14 Septiembre 2014 (internet). Disponible en: URL <http://es.slideshare.net/angelica0071/actinomicetos-39073002> (ultimo acceso 29 Mayo 2015). Sivila Mogro Luis Humberto “Micología bases para el diagnóstico laboratorial de las micosis” Sucre, Bolivia.

– Unesco.org. “Leyes Nacionales del Patrimonio Cultural” (internet). Disponible en: URL http://www.unesco.org/culture/natlaws/media/pdf/bolivia/bo_decreto_normas_patrimoniobibliografico_spaorof.pdf (último acceso 27 Abril 2015 hora 10:45).

– UNESCO, 2010. Manual de Protección del Patrimonio Cultural N^o. 5, La manipulación de las colecciones almacenadas., UNESCO, Paris. (internet). Disponible en: URL

<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001879/187931s.pdf> (ultimo acceso 11 Julio 2015).

– Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca “Museo Colonial Charcas” (internet). Disponible en: URL http://www.usfx.info/culturaydeporte/Documentacion/Doc_MuseoCharcas.pdf (último acceso 2 Mayo 2015 hora 12:45).