



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**IDENTIFICACIÓN MICROBIOLÓGICA BÁSICA DE LAS
BACTERIAS PRESENTES EN EL AMBIENTE Y EN LOS
BIENES DOCUMENTALES DEL ARCHIVO Y BIBLIOTECA DEL
CONJUNTO CONVENTUAL DE LA ORDEN FRANCISCANA,
QUITO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

JOHN EDUARDO SUÁREZ VALENCIA

DIRECTOR: DRA. ROSA MORALES

Quito, abril, 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **JOHN EDUARDO SUAREZ VALENCIA**, declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

JOHN EDUARDO SUAREZ VALENCIA

C.I. 093055170-0

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**identificación microbiológica básica de las bacterias presentes en el ambiente y en los bienes documentales del archivo y biblioteca del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana, Quito**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales**, fue desarrollado por **John Suarez**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Dra. Rosa Morales MSc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C.I. 170866536-7

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios por mantenerme siempre en el camino correcto, guiándome y poniendo a mi lado los mejores ejemplos de vida para continuar con el cumplimiento de mis metas.

A mis padres, que se han esforzado en todo aspecto para la realización y cumplimiento de mis objetivos personales y profesionales, por ser ejemplos incomparables de fortaleza, fe y perseverancia.

A mis hermanos y hermanas, que me han apoyado en mis decisiones y me han acompañado en todo momento, por ser fuente de inspiración para la culminación de mis estudios universitarios y progreso continuo.

A mis sobrinos y sobrinas, para que luchen por sus sueños y sean siempre visionarios en su vida.

A mi familia en general, por tenerme presente en sus decisiones e interés en mi preparación como profesional.

Eduardo Suarez V.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitirme estar donde hoy estoy y bendecirme con la familia y amigos que hoy me rodean.

A mi papá y mi mamá, por esforzarse siempre para darme la mejor educación, por su paciencia, confianza y fe depositada en mí, por estar siempre juntos y acompañarme en todo momento, pese a la distancia.

A toda mi familia, por su apoyo incondicional, por enseñarme los valores que te hacen ser realmente una persona y por su preocupación por mí.

A la Dra. Rosa Morales, que con su experiencia y conocimiento supo guiarme en el proceso de la realización de la tesis, por la paciencia, comprensión y más que nada por ese tiempo que sacrificaba fuera de su jornada laboral por estar pendiente del proyecto.

A la Ing. Nubia Grijalva, quien es fuente de gran conocimiento de la que recordé y aprendí muchas cosas que sirvieron de herramienta para la culminación de este trabajo.

A los ayudantes de laboratorio de microbiología, quienes me colaboraron de manera desinteresada en la parte práctica de mi proyecto, por todo su tiempo y paciencia al momento de compartir sus conocimientos.

Al Ing. Ramiro Pastas y Dr. Isidro Gutiérrez que me permitieron colaborar en el proceso de ayudantías, por dejarme una muy grata experiencia en este transcurso por las labores que me correspondían y aprendizaje obtenido.

A la Ing. Alexandra Endara por permitirme unas de las mejores experiencias en mi carrera universitaria, que gracias a ella, sus conocimientos y enseñanzas, se culminó el proyecto de *“Uso de bioindicadores para determinar la calidad del río”* con el cual tuve la oportunidad de representar a la UTE en países como Perú y Argentina.

A los profesores de la Universidad Tecnológica Equinoccial en general, por ser parte de mi formación académica, por todas sus enseñanzas y tiempo dedicado en horas de clase y a su vez, fuera de ellas.

A todo el personal del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana, Quito, por su tiempo y disposición a colaborar con la realización del proyecto.

A los estudiantes de la carrera Restauración y Museología por estar interesados en el proyecto y colaborar con la identificación del tipo de papel en el momento del muestreo.

A todos mis compañeros de clase y personas que han estado conmigo en mi carrera universitaria que a su vez han aportado en este proceso de crecimiento tanto en lo personal como profesional.

A esa persona que me ha acompañado y apoyado en todo este proceso, por ser ese brazo que está conmigo en mis caídas y me ayuda a levantar, por ser símbolo de fuerza y ternura, a mi novia, amiga y confidente, Josselyn Cevallos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. BIBLIOTECA Y ARCHIVO	4
2.2. BIENES DOCUMENTALES	4
2.2.1. CONSTITUCIÓN	5
2.3. BIODETERIORO	5
2.3.1. BIODETERIORO Y FACTORES FÍSICOS	7
2.3.2. BIODETERIORO Y FACTORES QUÍMICOS	10
2.3.3. TIPOS DE BIODETERIORO	12
2.3.4. PRINCIPALES EFECTOS O CONSECUENCIAS DEL BIODETERIORO	15
2.3.5. AGENTES BIOLÓGICOS DEL BIODETERIORO	15
2.3.5.1. Clasificación de grupos biológicos biodeteriorantes	16
2.3.5.2. Clasificación y descripción de microorganismos biodeteriorantes	17
2.4. BACTERIAS	21
2.4.1. LAS BACTERIAS Y EL BIODETERIORO	25
2.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN MICROBIOLÓGICA BÁSICA DE LAS BACTERIAS	27
2.5.1. MÉTODOS PREVENTIVOS	29
3. METODOLOGÍA	36
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	36

3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	36
3.4.	FASES DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.4.1.	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	37
3.4.2.	TOMA DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS	39
3.4.2.1.	Toma de muestras ambientales	39
3.4.2.2.	Toma de muestras de superficie (acervos bibliográficos)	40
3.4.3.	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	41
3.4.3.1.	Proceso de identificación de bacterias	41
3.4.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
3.5.	IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	48
3.5.1.	MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	49
3.5.2.	EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	50
3.5.2.1.	Cámara de flujo laminar	50
3.5.2.2.	Microscopio óptico	51
3.5.2.3.	Incubadora memmert.	51
3.5.2.4.	Autoclave manual y automático	51
3.5.2.5.	Campana de anaerobiosis.	51
3.5.2.6.	Espectro de fluorescencia.	52
3.5.2.7.	Nevera para reactivos y placas Petri	52
3.5.2.8.	Balanzas de precisión	52
3.5.2.9.	HOBO data logger	52
3.6.	PROCEDIMIENTO PARA EL MUESTREO MICROBIOLÓGICO	53
3.6.1.	PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO	53
3.6.1.1.	Previo al muestro	53
3.6.1.2.	Muestreo biológico	54
3.6.2.	CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN	54
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1.	ANÁLISIS EXPLICATIVO DE LAS SALAS DE ESTUDIO DENTRO DEL CCOFQ	56
4.1.1.	DIAGNÓSTICO DE LA BIBLIOTECA DEL CCOFQ	56
4.1.2.	DIAGNÓSTICO DEL ARCHIVO DEL CCOFQ	58
4.2.	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	59

4.2.1.	BIBLIOTECA Y ARCHIVO DEL CCOFQ ANÁLISIS DE AMBIENTE	59
4.2.1.1.	Caracterización microbiana de géneros bacterianos aislados del aire interior en ambas áreas de estudio	61
4.2.2.	BIBLIOTECA Y ARCHIVO DEL CCOFQ ANÁLISIS DE SUPERFICIE	63
4.2.2.1.	Resultados de análisis de superficie de la Biblioteca del CCOFQ	63
4.2.2.2.	Resultados de análisis de superficie del Archivo del CCOFQ	69
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1.	CONCLUSIONES	72
5.2.	RECOMENDACIONES	73
6.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	74
7.	ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Factores humanos de deterioro	7
Tabla 2. Efectos de la humedad relativa	8
Tabla 3. Clasificación de los microorganismos según su estructura celular	18
Tabla 4. Tipos de bacterias según su forma	22
Tabla 5. Tipos de deterioro según género	27
Tabla 6. Técnicas de cultivo	31
Tabla 7. Microorganismos no cultivables	32
Tabla 8. Nivel de contaminación en el aire por bacterias	48
Tabla 9. Medios de Cultivo	49
Tabla 10. Materiales usados en laboratorio	50
Tabla 11. Concentraciones de bacterias mediante el Método de Sedimentación en la Biblioteca y Archivo del CCOFQ.	60
Tabla 12. Parámetros medioambientales de la Biblioteca y el Archivo del CCOFQ.	61
Tabla 13. Identificación de bacterias en la Biblioteca del CCOFQ	62
Tabla 14. Parámetros medioambientales de la Biblioteca en el análisis de superficie.	64
Tabla 15. Identificación de tipo y género de bacterias en todos los soportes de la Biblioteca del CCOFQ	66
Tabla 16. Parámetros medioambientales del Archivo en el análisis de superficie.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Agentes biológicos	16
Figura 2. Nomenclatura según forma, color y ubicación de los indicadores de biodeterioro en las obras documentales	19
Figura 3. Morfología de las bacterias	22
Figura 4. Componentes de la estructura celular	23
Figura 5. Clasificación según el empleo de oxígeno	24
Figura 6. Documentos biodeteriorados por bacterias y otros agentes	26
Figura 7. Metodología para garantizar la conservación de bienes documentales	28
Figura 8. Macrolocalización.	38
Figura 9. Microlocalización de la Biblioteca y archivo del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana.	38
Figura 10. Identificación de bacterias en la Biblioteca del CCOFQ.	62
Figura 11. Identificación de bacterias en la Biblioteca del CCOFQ.	66
Figura 12. Identificación de bacterias en soporte papel industrial en la Biblioteca del CCOFQ.	67
Figura 13. Identificación de bacterias en soporte papel pergamino en la Biblioteca del CCOFQ.	68
Figura 14. Identificación de bacterias en soporte papel artesanal en la Biblioteca del CCOFQ.	69
Figura 15. Identificación de bacterias en el Archivo de la Biblioteca del CCOFQ.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

PÁGINA

Anexo I

Metodología Manual de Bergey83

Anexo II

Cámara de flujo laminar835

Anexo III

Autoclave automático86

Anexo IV

Preparación de medios para pruebas bioquímicas87

Anexo V

Resultados en pruebas bioquímicas87

Anexo VI

Géneros de bacterias aislados y caracterizados en ambiente y superficie
de la Biblioteca y Archivo del CCOFQ88

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general realizar la identificación microbiológica básica de las bacterias presentes en el ambiente y bienes documentales de la Biblioteca y el Archivo del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana de Quito. Para llevarlo a cabo se realizaron tres muestreos, los dos primeros de superficie, utilizando la técnica de hisopado en seco en los tres tipos de soportes y las cajas que protegen determinados acervos y en el tercero un análisis del ambiente mediante el método de sedimentación por gravedad en placas Petri. Para la identificación de géneros de bacterias se utilizó *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Con la aplicación de la metodología se calculó la concentración de unidades formadoras de colonias por metro cúbico, obteniéndose un valor elevado de 511,1 UFC/m³, al compararlo con los valores de referencia de la Comisión de Comunidades Europeas (CEC), se puede concluir que el resultado refleja un nivel de contaminación alto, siendo coincidentes con investigaciones precedentes. Debido a ello se identificaron los géneros bacterianos aislados, donde los de mayor presencia fueron el *Vibrios spp* y/o *Aeromonas spp* y *Staphylococcus spp*. Los resultados del muestreo de bienes documentales en la Biblioteca y Archivo arrojó un número de unidades formadoras de colonias igual a 975, identificándose 11 géneros de bacterias, siendo las de mayor presencia *Vibrios spp* y/o *Aeromonas spp*, *Corynebacterium spp*, *Megasphaera*, *Clostridium spp* y *Staphilococcus aereus*, la mayoría está asociada a enfermedades respiratorias, enfermedades sistémicas oportunistas en pacientes inmunodeprimidos, enfermedades diarreicas en individuos por lo demás sanos e Infecciones en heridas.

ABSTRACT

The present study was overall objective perform basic microbiological identification of bacteria present in the environment and documentary goods of the Library and the Archive Set Conventual Franciscan Order of Quito. To carry out three samplings were performed, the first two surface technique using swab dry in all three types of media and boxes protecting certain stocks and the third an analysis of the environment by the method of gravity settling in Petri dishes. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology was used to identify bacterial genera. With the application of the methodology concentration of colony forming units per cubic meter was calculate, yielding a high value of 511.1 CFU / m³, as compared to the reference values of the Commission of European Communities (CEC), you can conclude that the result reflects a high level of pollution. Because it isolates bacterial genera, where the largest presence was the *Vibrio spp* and / or *Aeromonas spp* they were identify. Sampling results of documentary goods at the Library and Archives yielded a number of colony forming units equal to 975, identifying 11 genera of bacteria, with the largest presence was equally the *Vibrio spp* and / or *Aeromonas spp*, are causing opportunistic systemic diseases in immunocompromised patients, diarrheal disease in otherwise healthy individuals and wound infections.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Poner en duda lo importante de salvaguardar los fondos de una biblioteca o archivo, parece tan irracional como cuestionar por qué no olvidar la Historia.

La confluencia de factores físicos, químicos y biológicos dentro de los mencionados recintos, cuya función radica en registrar, conservar y transmitir información de interés privado o público, suele generar condiciones que propician el biodeterioro de los bienes documentales.

Deficiencias en la infraestructura, variaciones de temperatura, ventilación, humedad relativa, iluminación, pH, concentraciones de oxígeno; acciones de mantenimiento insuficientes o inadecuadas; la constante o incorrecta manipulación de las obras; su propia composición; entre otros, viabilizan la aparición y proliferación de microorganismos. Estos, como parte de su ciclo de vida, actúan entonces sobre las sustancias orgánicas e inorgánicas que constituyen los materiales de manuscritos, libros, revistas, periódicos, fotografías, mapas, partituras y demás.

Las bacterias, multiplican la vulnerabilidad de los distintos soportes. Obtienen de ahí los nutrientes y, durante su metabolismo, producen “enzimas y ácidos que modifican las propiedades físico-químicas de los componentes” (Del Egido, Villaescuerta, & Hidalgo, 2005, p.30). Degradan los acervos bibliográficos, a nivel superficial o en profundidad (Miras, 2011). Luego se ven los daños, en forma de manchas, conversión del bien documental completo o partes en polvo por la pérdida de agua de cristalización o reacción de otro componente (Sameño & García, s.f.). En el peor de los casos, hasta las hojas o páginas desaparecen.

Ocurre a escala internacional, regional, nacional y local; si bien no de manera idéntica. Por eso, “cada biblioteca y archivo debe determinar sus necesidades particulares de conservación (...). La información requerida

para llevar a cabo un programa (...), puede obtenerse a partir de un estudio del edificio y de su contenido” (Cunha, 1988, p.3).

Una búsqueda y revisión de la literatura revela que no resulta habitual en el Ecuador este tipo de indagación científica. La de referencia inmediata, podría ser la orientada por el gobierno en el año 2007. De acuerdo con Morales (2015), bajo el Decreto No.816 se declaró por aquella fecha el estado de emergencia del patrimonio cultural ecuatoriano, en virtud de lo cual se realizó la evaluación del estado de conservación de los bienes, calificado de “precario” tras comprobar la presencia e incidencia de microorganismos: hongos y bacterias.

Si se tiene en cuenta que “los problemas de biodeterioro alcanzan gran importancia económica y social cuando los sustratos colonizados pertenecen al patrimonio cultural” (Guiamet et al., 2006; citados por Borrego, Perdomo, De la Paz, Gómez, & Guiamet, 2011, p.3), aumenta la pertinencia de un estudio en tal ámbito.

Esto explica el interés por una de las tres líneas investigativas asociadas al “Biodeterioro de los bienes documentales del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana, Quito” (CCOFQ), entre los temas propuestos por la Universidad Tecnológica Equinoccial. A partir de ahí, la presente tesis se centró solo en uno de los agentes causales, y pretendió:

Objetivo general:

- Realizar la identificación microbiológica básica de las bacterias presentes en el ambiente y bienes documentales de la Biblioteca y el Archivo del CCOFQ.

Objetivos específicos:

- Cuantificar la población bacteriana en los bienes documentales de la Biblioteca y el Archivo del CCOFQ.

- Aislar las bacterias presentes en los bienes documentales de la Biblioteca y el Archivo del CCOFQ.
- Identificar las bacterias presentes en el ambiente y en documentales de la Biblioteca y el Archivo del CCOFQ.

Para la obtención de los propósitos antes expuestos, se planteó un diseño experimental. A través de métodos cuantitativos y cualitativos, procedimientos estandarizados en un ambiente controlado y técnicas microbiológicas básicas para el muestreo, se comprobó la existencia de contaminación en las áreas sometidas a análisis.

En sentido general, conocer el grado de biodeterioro y las peculiaridades de los agentes que lo originan al interior de determinado centro de información, no solo facilita la valoración de los riesgos y amenazas potenciales para ejemplares y colecciones. Permite estructurar programas para prevenir las plagas de microorganismos, o actuar con eficiencia para controlarlas y erradicarlas.

En el caso particular del CCOFQ, la obtención de datos reales sobre los factores microbiológicos, puede considerar este estudio una pauta metodológica a tener en cuenta a la hora de evaluar otras bibliotecas y archivos de la ciudad. Asimismo, puede contribuir al diseño de un plan de manejo que al poner en práctica garantice la protección de unos 14000 bienes documentales, más de 300 años de historia, y de la memoria colectiva.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. BIBLIOTECA Y ARCHIVO

Resulta trascendental salvaguardar el saber y la Historia de la humanidad. Al hacerlo, el Ser humano ha llegado al presente, entre ciencia y técnica, trayendo consigo el progreso.

Si bien es cierto que gracias a prácticas como la oralidad y al impacto de los medios de comunicación, han persistido y evolucionado ambos – conocimiento y pasado– en la memoria colectiva, siglo tras siglo, también lo es que sus referencias inmediatas han quedado plasmadas para la posteridad en diferentes soportes. Estos, a su vez, mantenidos a “buen recaudo” dentro de recintos que desde la Antigüedad han cumplido tal función y con el tiempo se han convertido en centros especializados en la adquisición-recolección, organización, conservación y difusión de la información, para beneficio de cada usuario (Cunha, 1988).

De ahí deriva la importancia de velar por el estado en que se encuentran esta clase de entidades y el patrimonio albergado en su interior.

Este criterio coincide Pérez (2008), para quien los bienes documentales muestran el valor de cada pueblo y en qué medida ha aportado su gente a la civilización universal.

2.2. BIENES DOCUMENTALES

Fuente de “cultura” y “sabiduría”, así puede definirse el contenido de los diversos soportes que se encuentran en bibliotecas y archivos. Palabras que sumadas a la tercera: “producción”, permiten explicar por qué se consideran “bienes”.

La calificación de “documentales” responde a su naturaleza. Se incluyen en dicho grupo, de acuerdo con Cunha (1988), libros, revistas, boletines, hojas volantes, grabados, fotografías, mapas, afiches, dibujos arquitectónicos, folios atlánticos y demás, con una constitución variada.

Para el diagnóstico es indispensable tener en cuenta la composición y estructura del material de soporte de los acervos impresos, lo cual incidirá en la presencia de los diferentes géneros bacterianos.

2.2.1. CONSTITUCIÓN

Diversos autores concuerdan en que los bienes bibliográficos tienen una composición predominantemente orgánica. Chamorro (2015) recurre a los criterios de Grau (2007) para destacar que presentan gran variedad de materiales, cuyas sustancias constitutivas tienen por constante el carbono.

Tras ubicar en primer lugar al papel, Munguía (2008) menciona “las tintas, colas vegetales y animales, (...) cartones, cueros y telas, etcétera” (p.8), que intervienen en la manufactura y encuadernación: todos compuestos orgánicos. Justo semejante particularidad opera “en contra”.

2.3. BIODETERIORO

Las razones atribuibles a una disminución en torno a la calidad se relacionan no solo con el hecho de que se hallan en ocasiones dentro de instalaciones defectuosas arquitectónicamente; o con insuficiencias respecto a los medios/recursos, estrategias, planes y medidas para llevar a cabo la conservación. Radican también en las condiciones ambientales deficientes que allí se presentan.

Como resultado de estas, los bienes documentales experimentan alteraciones negativas. Menguiano, Pérez & Sameño (2013) explican que ocurre al quedar expuestos a la acción de factores físicos, químicos y/o biológicos. Los terceros resultan objeto de los estudios sobre biodeterioro.

Este término, según Sameño & García (s.f.), empezó a escucharse más o menos hacia mediados de la pasada centuria. Desde entonces varios autores como Hueck (1965, 1968); Giacobini et al., 1987; Walsh, 2001; han coincidido en la necesidad de conceptualizarlo para abordar los procesos que han supuesto afectaciones para el Hombre desde que confeccionó y usó por primera ocasión un producto bibliográfico.

A partir de lo dicho, la definición¹ de biodeterioro es “todo cambio no deseado e irreversible de las propiedades de los materiales debido a la actividad de microorganismos u organismos” (Del Egado, Villaescuerna, & Hidalgo, 2005, p.4). Vale aclarar que no basta con que se detecte su presencia en el exterior o interior de un bien documental; la prueba para aseverar que se dio o se está dando el fenómeno, consiste solo en las variaciones evidentes y comprobadas.

Jiménez (2007): “Un estudio de biodeterioro ha de interrelacionar las distintas poblaciones biológicas y los factores físico-químicos del medio ambiente circundante” (p.16).

Villarquide (2005), sostiene que basta normalmente con controlar uno de dichos factores para impedir el ataque de los microorganismos y organismos, y la aparición del biodeterioro.

¹ En varios textos se utiliza asimismo como sinónimo de “biodegradación”. Sin embargo, algunos especialistas estiman hoy que no es pertinente hacerlo, pues aunque dicho vocablo se refiere igual al “proceso de destrucción de un material por organismos vivos o por productos de su metabolismo” (Sameño & García, s.f., p.26), el fenómeno puede tener implicaciones positivas, lo que no sucede al tratarse del biodeterioro.

2.3.1. BIODETERIORO Y FACTORES FÍSICOS

Plantea Caneva et al. (2000) que el desarrollo o la inhibición de los microorganismos y organismos causantes del biodeterioro depende, por un lado, de las condiciones climáticas y microclimáticas en las que se encuentren. Si les resultan favorables dentro de bibliotecas y archivos, aumentarán los riesgos de su multiplicación y actividad.

Tabla 1. Factores humanos de deterioro

Agentes humanos de deterioro		Efectos en los libros
Uso y manejo de los materiales		Suciedad, manchas rayones, dobleces, roturas y desencuadernamiento.
Almacenaje y acomodo		Roturas, mantenimiento precario
Falta de un plan de conservación preventiva		Mantenimiento precario y pérdida (robos)
Siniestro	Fuego/incendios	Quemaduras parciales o totales
	Inundaciones	Humedad en los libros

(Munguía, 2008)

Se suman al grupo anterior la humedad relativa; temperatura del ambiente; el contenido de humedad o agua de los propios materiales; su pH; sus posibles impurezas; los niveles de renovación del aire (o climatización) y composición química de éste en la sala, el almacén o depósito donde estén; así como la luz y la contaminación exterior.

A juicio de Valentín (s.f.), que intervenga de manera aislada alguno de los referidos elementos físicos, no conduce inmediatamente a la contaminación. Solo al conjugarse varios y actuar a la vez, con el añadido no pocas veces del mantenimiento escaso o incorrecto en las instalaciones, se da el biodeterioro de un material. Donoso y González (1999) proponen el vocablo

“hibridismo” para referirse a cómo influyen todos en el comportamiento de los microorganismos.

Al analizar en detalles el fenómeno, Valentín (s.f.) combina variables. Explica cómo diferentes condiciones construyen un “hogar acogedor” para distintos agentes biológicos:

La renovación de aire adecuada en una sala con una alta humedad relativa (70-75 por ciento), puede mantener los objetos históricos libres de biodeterioro. Por el contrario, la ausencia de ventilación y una humedad relativa ambiental del 55 al 60 por ciento, puede favorecerlo. (p.3)

No obstante, recientes investigaciones discrepan respecto al criterio precedente al examinar la relación entre idénticos aspectos. Han arrojado que justo cuando el aire en su entorno no se encuentra en movimiento y hay una humedad relativa baja, el crecimiento de los microbios se limita.

Por su parte, Del Egido, Villaescuerna & Hidalgo (2005) estiman:

Gran parte de las colecciones que se exhiben en archivos y bibliotecas, por su naturaleza orgánica, son altamente higroscópicas². Si a esa tendencia (...), añadimos una insuficiente ventilación y una humedad relativa superior al 65 por ciento, la exposición al desarrollo de especies de microorganismos es muy elevada. (p.30)

Munguía (2008) sintetiza las consecuencias anexas a las fluctuaciones de la humedad relativa:

Tabla 2. Efectos de la humedad relativa

² “Propiedad de las sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran” (Miras, 2011, p.21).

HUMEDAD RELATIVA	EFFECTOS EN LOS LIBROS
Humedad excesiva (superior a 75%)	Puede provocar crecimiento de microorganismos (hongos y bacterias)
Humedad superior o inferior a un valor crítico.	Ciertos minerales o metales pesados se deterioran por encima o por debajo de un valor de HR crítico
Por encima del 0%	La velocidad a la que suceden algunas reacciones químicas se reduce en la medida que la HR se reduce y se detiene cuando la HR llega a 0%
Fluctuaciones en HR	Produce contracción y dilatación de compuestos orgánicos, ello genera rupturas y aplastamientos.

(Munguía, 2008)

Más allá, en contraposición a los planteamientos que establecen una relación simple e inversamente proporcional como la que sigue: + ventilación = - biodeterioro, se pronuncia Valentín (s.f.). Insiste en que, contrario a lo que parece, se ha confirmado cómo, al producir condensaciones frías, el aire acondicionado puede permitir el surgimiento, evolución y distribución de ciertos contaminantes microbianos. Los mismos se alojan en las rejillas o conductos por los cuales sale el aire, que les sirve este de canal para llegar a las dependencias donde se atesora el patrimonio documental.

Por tanto, ningún extremo –climatización excesiva o insuficiente– parece conveniente. Cualquiera de los dos provoca efectos adversos, en lugar de aminorar la proliferación de las especies que degradan los materiales.

En lo que respecta a la temperatura, ciertamente hay que aludir a su influencia. Media en el crecimiento; lo acelera o retarda en amplios rangos, pero de acuerdo con las características y requerimientos propios de cada clase de microorganismo u organismo. De manera similar sucede con el impacto de las altas o bajas en el pH, el oxígeno y la luz (Jiménez, 2007).

Según explica este experto, la higroscopicidad y porosidad de los materiales determinan la supervivencia de no pocos organismos y microorganismos. Todos estos seres vivos tienen agua y la necesitan para desarrollar su metabolismo; de manera que, aunque cada especie requiere una cantidad

particular, mayor o menor³, en general un valor superior al 60 o 70 por ciento les ayuda a originar el biodeterioro.

Por otra parte, y aunque a algunos parezca inaudito, el hecho de que los materiales presenten impurezas –ligadas comúnmente a las técnicas que se aplican durante la manufactura de los bienes documentales–, constituye otro factor que condiciona. Determina el aumento o disminución de la capacidad de los microorganismos de degradar (Miras, 2011).

Igual “la contaminación puede afectar a los organismos inhibiendo (es lo más frecuente) o potenciando su desarrollo” (Jiménez, 2007, p.15). Zanardini et al. (2000) y Nuhoglu et al. (2006), citados por Miras (2011), refieren la existencia de “estudios que demuestran que los contaminantes atmosféricos también constituyen una posible fuente de nutrientes para determinados microorganismos” (p.21).

De acuerdo a las opiniones manejadas como fundamentos teóricos, queda claro que es imprescindible llevar el control de las condiciones físico-ambientales específicas en bibliotecas y archivos; convertirlo en una práctica habitual. Una medición pormenorizada y frecuente sobre cómo se comportan el flujo del, la humedad relativa, higroscopicidad, temperatura del ambiente, así como sus efectos, facilitaría la prevención del biodeterioro.

2.3.2. BIODETERIORO Y FACTORES QUÍMICOS

La composición y estructura de los materiales que conforman los acervos impresos, suelen convertirse en fuente de alimento o medio para la reproducción (elaboración de nidos) de los agentes biológicos causantes del biodeterioro. De ello también “depende el crecimiento y el dinamismo de las poblaciones y comunidades de microorganismos” (Jiménez, 2007, p.16).

³ “Por norma general, los materiales orgánicos serán mucho más higroscópicos que los inorgánicos” (Miras, 2011, p.21).

Cappitelli et al. (2004) manifiestan en un sentido global que los materiales susceptibles de ser atacados o infestados por microorganismos y organismos, pueden ser orgánicos –naturales (como los polímeros) o sintéticos– o inorgánicos. Su vulnerabilidad responde, precisamente, a su naturaleza (pH, textura, etcétera) y al sustrato nutritivo (elementos edáficos) que poseen.

Así, las características de los distintos materiales constitutivos de la obra van a condicionar el desarrollo de agentes de biodeterioro determinados. Esto es debido a que, mientras algunos procesos metabólicos están presentes en todos los organismos vivos, otros son exclusivos de microorganismos concretos y dependen de la posibilidad de utilizar un sustrato específico como fuente de carbono o energía. De este modo, aquellos sustratos susceptibles al biodeterioro, deben servir como fuente de carbono, energía y como factores de crecimiento para los microorganismos (Crispim & Gaylarde, 2005, citados por Miras, 2011, p.21)

Dado esto, Sameño & García (s.f.) enfatizan en que la mayoría de los agentes biológicos tienen un grado significativo de adaptabilidad metabólica. Por ello, se advierte su presencia y acción en los fondos documentales y más⁴.

Por ejemplo, aquellos materiales cuya constitución es de origen vegetal, como el papel, en función de la durabilidad natural⁵ –“una propiedad en extremo variable” (Núñez, 2004, p.6) y atribuible originalmente a la madera–, en mayor o menor proporción allanan el camino a los agentes biológicos hacia su acción destructiva. Les sirven de alimento o hábitat.

⁴ Obras de arte: pinturas, esculturas, muebles, objetos metálicos...

⁵ Alude a la capacidad de resistencia del material de origen leñoso ante el ataque de organismos vivos (Cartwright, 1958).

2.3.3. TIPOS DE BIODETERIORO

A raíz de las alteraciones acaecidas en los materiales que componen el patrimonio documental, de cómo son y se manifiestan los cambios, especialistas en este campo distinguen clases de biodeterioro. Los vinculan con distintos procesos: físicos o mecánicos y químicos.

Los mismos “suelen producirse de forma simultánea, aunque el predominio de uno u otro dependerá del agente de biodeterioro implicado, el tipo de sustrato, o las condiciones ambientales” (Miras, 2011, p.13).

De acuerdo con la investigadora, los primeros, o sea, los de tipo físico, tienen lugar a partir de la acción mecánica que realizan los microorganismos. Su movimiento y crecimiento pasan a ser mecanismos que ejercen presión, capaces de provocar que el sustrato de los materiales constitutivos de los bienes documentales pierda la cohesión que lo caracteriza. Entonces con facilidad se desprenden fragmentos y, como resultado, aunque no experimentan variaciones desde el punto de vista químico, queda al descubierto una mayor cantidad de superficie de los materiales colonizados (Menguiano, Pérez, & Sameño, 2013), expuesta a la incidencia de los factores ambientales. Constituyendo esto el biodeterioro físico.

En otros casos, mecanismos como el propio metabolismo de los agentes biológicos, imprescindible en su supervivencia, traen consigo directamente la transformación o descomposición del sustrato de los materiales. Los microorganismos y organismos utilizan sustancias ahí contenidas, que les sirven como fuente de energía; o vierten las suyas –excrementos, por ejemplo (Miras, 2011). Se habla, en tal caso, de biodeterioro químico.

Cualquier obra (...) está sometida a una progresiva destrucción dependiendo de la materia de la que está formada y de las condiciones en las que ha sido conservada. No se puede pasar por alto que muchos de estos objetos están constituidos por celulosa y lignina, o

bien se someten a tratamientos con proteínas, ceras, barnices, etc. Todos estos compuestos orgánicos pueden ser utilizados como elementos nutritivos por una gran variedad de microorganismos e insectos (Sameño & García, s.f., p.26).

Una explicación bien detallada sobre el impacto de este tipo particular de biodeterioro, debe partir de las características inherentes a los exponentes de las diversas especies. Por mencionar, aquellos cuyo tamaño es ínfimo, logran ocupar juntos un mayor espacio. La relación “– volumen x + superficie abarcada” conlleva al esparcimiento de los productos metabólicos, lo cual equivale a una mayor incidencia por parte de los microorganismos.

He ahí los procesos químicos, que pueden transcurrir de varias formas: por acidificación, alcalinización, quelación, producción de pigmentos o degradación enzimática. Resulta pertinente condensar información sobre las peculiaridades de estos mecanismos, por los efectos nocivos implicados.

Citados por Miras (2011), mientras Jenings & Lysek (1996) explican que a la síntesis de ácidos orgánicos –oxálico, cítrico, glucónico, glioxílico, oxalacético, fumárico– e inorgánicos, derivada del metabolismo, es a lo que se denomina acidificación; Göpferich (1996), Lindström et al. (2004) y Trinh Tan et al. (2008) incluyen también en dicho concepto la liberación de otros ácidos –succínico, adípico, láctico, etcétera– tras la hidrólisis de innumerables polímeros. De cualquier modo, como consecuencia pueden aparecer especies nuevas u ocurrir la erosión de la superficie de los materiales que conforman los bienes documentales, al reaccionar algunos de los referidos ácidos con sus compuestos (Lugauskas et al., 2003).

Warscheid & Braams (2000, citados por Miras, 2011), enfatizan en que la actuación de otros ácidos, sobre todo orgánicos, involucra la extracción de ciertos iones metálicos – Si^{4+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} ...– que se advierten en la composición de los materiales. Ello da lugar a complejos estables. Y el mecanismo, en general, es conocido como quelación.

Igual los expertos insisten en cómo el metabolismo de determinados agentes biológicos, que incluye la degradación de proteínas, es capaz de generar sustancias como el amoníaco. Estas, al interactuar con las moléculas de ciertos sustratos, determinan su disolución, pues aumenta el pH y se desarrolla una microflora basófila. La alcalinización figura así en calidad de otro mecanismo químico de biodeterioro.

Más allá, es imposible negar el poder destructor de los pigmentos que son sintetizados por más de un microorganismo. Su acción degradante sobre los materiales se materializa tanto desde dentro hacia fuera, como ya fuera. ¿Qué significa? Esto responde más bien a la clasificación aportada por Miras (2011): los endopigmentos⁶ “se localizan en el interior de la célula y solo salen al exterior tras la lisis de la misma”; y en el grupo de los exopigmentos⁷ se cuentan los “emitidos al exterior de la célula” (p.15).

Ya en torno a la degradación enzimática, es preciso puntualizar: entre las diversas clases⁸ de enzimas existentes, las que se producen al interior de la célula y son liberadas al exterior –denominadas exoenzimas o enzimas extracelulares–, sí provocan daños al medio, es decir, a los materiales que forman parte del capital bibliográfico.

Al salir producto de las reacciones metabólicas –actividad secretora que no termina ni al morir las células–, estas enzimas digieren los sustratos. Así transforman moléculas complejas (celulosa, colágeno) presentes en los mismos, en otras simples (monosacáridos y aminoácidos). A la par, liberan componentes utilizados más tarde por las células como nutrientes y garantía del crecimiento de los microorganismos (Priest, 1977; Gibb & Strohl, 1987; Oh et al., 2000 y Lucas et al., 2008, citados por Miras, 2011). Por eso se considera uno de los mecanismos de biodeterioro químico más impactantes.

⁶ ¿Ejemplos? Los llamados pigmentos fotosintéticos: las ficobilinas, la clorofila...

⁷ ¿Ejemplos? Pigmentos coloreados, pertenecientes a los hongos (azul, violeta, púrpura, verde).

⁸ En la bibliografía especializada, una de las divisiones por grupos queda establecida de acuerdo con la localización y acción específicas de las enzimas: endoenzimas o enzimas intracelulares, enzimas unidas a membrana y exoenzimas o enzimas extracelulares.

2.3.4. PRINCIPALES EFECTOS O CONSECUENCIAS DEL BIODETERIORO

En función de ambas clases de biodeterioro, físico y químico, entre las consecuencias asociadas a este fenómeno figuran aquellas que resultan visibles en los diferentes soportes. Van de los daños estéticos –manchas, mugre, pigmentaciones, costras...– a los estructurales –desgaste, dilataciones o deformaciones, descamaciones, rasgaduras, contracción de fibras, pliegues, roturas, disolución de tintas o pigmentos... Entonces queda comprometida su integridad física y funcional.

Según el estado en que se halle la obra, resultará más o menos significativa la incidencia de los agentes biológicos sobre los materiales que la componen. Así, en palabras de Jiménez (2007), “hasta provocar fragilidad, descohesión, cambio de color e incluso su destrucción completa” (p.16) o total inutilización, como en el caso del material fotográfico (Miras, 2011). Suele verificarse asimismo una disminución en la durabilidad natural de los de origen vegetal, como el papel.

Se añaden otros efectos verificables científicamente: “el desarrollo inicial de microorganismos permite un cambio en las condiciones, que puede resultar favorable para el desarrollo de otras especies, dando así lugar a una sucesión ecológica” (Miras, 2011, p.13). Expone Valentín (s.f.) que, “con frecuencia, (...) lleva asociado la presencia de diferentes familias de insectos que los utilizan (a los microorganismos) como nutrientes” (Valentín, s.f., p.2).

Pero la contaminación microbiológica no solo repercute negativamente en el estado de los fondos documentales. Afecta la salud de quienes los manejan.

2.3.5. AGENTES BIOLÓGICOS DEL BIODETERIORO

Tras una revisión bibliográfica, ha resultado que hasta el momento los investigadores concuerdan al establecer vínculos entre los integrantes de

uno u otro. La diferencia de criterios radica a la hora de presentarlos, de dividirlos. Dado el interés inherente a la actual investigación, los subgrupos incluidos entre los agentes biológicos orgánicos son:

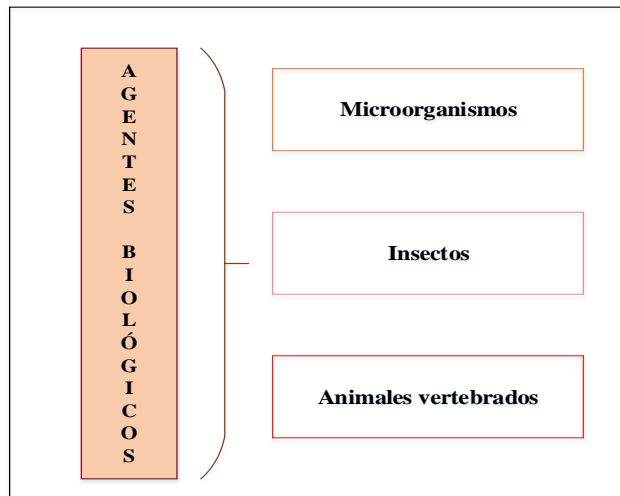


Figura 1. Agentes biológicos

Si bien no resultan los únicos responsables de la degradación de los bienes documentales, las indagaciones científicas reconocen que, por lo general, provocan los mayores perjuicios.

2.3.5.1. Clasificación de grupos biológicos biodeteriorantes

Insectos

Conforman un subgrupo diverso. Entre sus exponentes más comunes y perjudiciales se encuentran los pescaditos de plata, el piojo de los libros y las cucarachas. A la especie se le reconoce según el perjuicio ocasionado; sin embargo, es habitual que generen en el soporte una erosión superficial.

Otros, como “las termitas y los escarabajos, elaboran túneles circulares y erosionan profundamente al interior del objeto mientras el exterior permanece intacto” (Mateus, 2013).

Animales vertebrados que deterioran los bienes documentales

Dentro de los agentes biológicos, estas especies producen afectaciones muchas veces irreparables. Se trata de perjuicios no naturales de tipo biótico, y entre los causantes destacan: roedores, aves y murciélagos.

Pésimas condiciones higiénicas conducen a la propagación de los primeros, mamíferos que pertenecen al orden *Rodentia* y cuya dentadura resulta el rasgo más característico. Según García (2014), utilizan el papel para construir sus nidos; originan graves deterioros físicos-mecánicos y químicos en un período menor de tiempo, a la vez que constituyen un potencial peligro epidemiológico debido al número de enfermedades que pueden transmitir.

Los murciélagos, por su parte, están catalogados como medios de lucha biológica contra plagas. Sin embargo, a igual tiempo quebrantan lo relativo a la conservación de los bienes documentales debido a su movilidad, distribución y a las enzimas que generan, pues sus residuos fecales atraen a insectos bibliófagos.

Efectos y consecuencias similares provoca la materia fecal de las aves. Sobre todo, estimula el desarrollo de insectos que necesitan de esos componentes y de las plumas para su supervivencia.

2.3.5.2. Clasificación y descripción de microorganismos biodeteriorantes

Estos seres vivos devienen causantes de un deterioro más acentuado en el patrimonio documental, aunque su presencia resulta usual en cualquier ambiente. Reconocida su influencia en archivos y bibliotecas, los acercamientos científicos más recientes plantean que debe emplearse en tal caso el término “microbiodeterioro”⁹.

⁹ El concepto fue propuesto por Wladimir Peters en el año 2000 para enfatizar en los microorganismos que causan daños al patrimonio cultural.

La comunidad agrupa a organismos muy pequeños que, por lo general, presentan un tamaño microscópico. Debido a sus enzimas catalizadoras, las células actúan perfectamente y, en correspondencia con su estructura, se clasifican en: unicelulares y pluricelulares.

Tabla 3. Clasificación de los microorganismos según su estructura celular

Estructura celular	Organismos
Unicelulares	Bacterias, levaduras, actinomicetos y protozoos
Pluricelulares	Algas y ciertos hongos

Actualmente existen más de doscientas especies identificadas como causantes de biodeterioro. Su presencia en las instituciones resulta bien recurrente debido a que viajan con facilidad a través del agua, el viento y el polvo; luego encuentran condiciones idóneas para desarrollarse.

A partir de la valoración biológica y postulados de Toloza (2012) y García (1999), se deduce que los componentes de las obras serán atacados por un microorganismo, pero no todos originan las mismas consecuencias. Las especies colonizarán un espacio debido a su escasa o nula ventilación, pH adecuado e iluminación. La temperatura media durante varios días ha de superar los 25°C y deben darse acumulaciones de partículas y hollín en los diferentes tipos de superficie de las piezas.

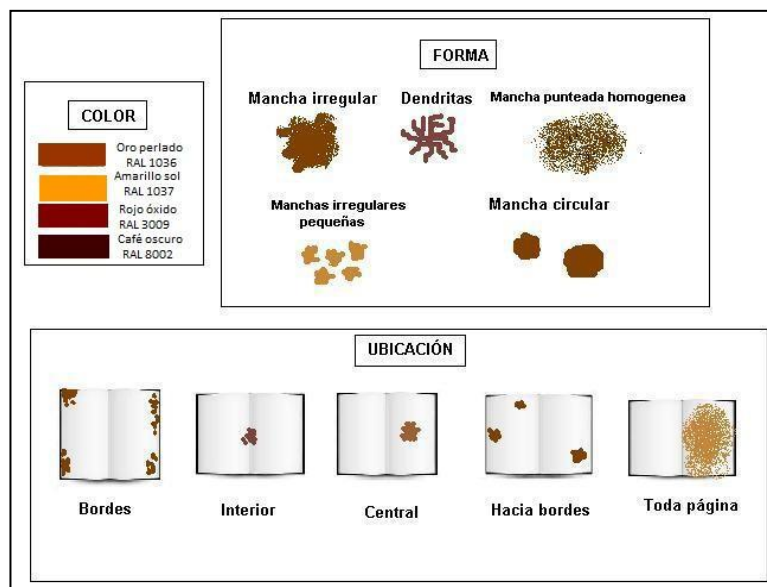


Figura 2. Nomenclatura según forma, color y ubicación de los indicadores de biodeterioro en las obras documentales

(Manrique, 2005)

Según Ramírez (2011), esos pueden ser los efectos de fenómenos cíclicos si no se detectan a tiempo. Primero, los microorganismos colonizan y depositan células reproductoras. Tales esporas se adhieren a todas las superficies con relativa humedad e incrementan su valor porque producen agua metabólica en su crecimiento habitual. Semejante aumento crea ambientes propicios para la aparición y colonización constante de especies de hongos, algas, líquenes y bacterias.

Hongos

De los estudios básicos sobre biología se conoce que los citados microorganismos poseen un desarrollo superior al de las bacterias. Un pH entre 4 y 6, y temperaturas superiores a los 20°C y menores que 30°C, los estimulan. Son heterogéneos y muestran una perfecta capacidad biosintética en dependencia del abastecimiento de sustancias orgánicas.

Debido a sus enzimas¹⁰, encuentran en el papel una fuente nutricional que permite su supervivencia y expansión en detrimento de las propiedades de

¹⁰ Los hongos presentan celulosa, varios tipos de proteasas y ácidos orgánicos.

las hojas. Teniendo en cuenta su omnipresencia y que se reproducen de manera asexual, por esporas, avivan al principio una leve molestia; después se reproducen a gran velocidad.

Respecto a los daños, la mayoría de los especialistas concuerda en que “los hongos acidifican el papel, rompiendo la cadena molecular de la celulosa; generan su debilitamiento, dan una apariencia húmeda y afelpada, lo que progresivamente ocasiona pérdidas o faltantes, incluso la degradación total; lo mismo ocurre con las encuadernaciones” (García, 1999, p.90).

Autores como Morales (2007) aseveran que existen más de doscientas especies identificadas. Otros conocedores del tema contabilizan más de trescientas con incidencia negativa sobre los soportes bibliográficos. Entre los más peligrosos y reincidentes figuran los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Ramírez, 2011). El ácido en sus excreciones se extiende y contamina archivos cercanos y bajo condiciones similares. Por tanto, se precisa determinar el estado de estas y demás colonias de microorganismos.

Algas

Incluidas por su clasificación dentro del reino vegetal, tales microorganismos se dividen en cuatro grupos fundamentales¹¹. Las algas se reproducen en ambientes muy húmedos y se hallan con asiduidad en objetos sólidos, por sus estructuras rizoides.

Al decir de Morales (2007), “la familia de las *Trentepohlia* crece en ambientes expuestos como muros, paredes y rocas. Por su crecimiento y la excreción de sustancias ácidas, contribuye a la destrucción de esos soportes” (p.47).

La simbiosis entre algas y hongos propicia la aparición de otro agente biológico, significativamente dañino para los edificios y las obras patrimoniales.

¹¹ Según su color, se clasifican en: clorofíceas o algas verdes, algas rojas o rodofíceas, algas pardas o feofíceas, y cianofíceas o algas verde-azules.

Líquenes

Constituyen el resultado de la estructura que proporcionan los hongos para evitar la deshidratación de las algas, y de la síntesis y el excreto del dióxido de carbono que proveen las especies vegetales a los organismos sin clorofila.

Varios especialistas, entre ellos Mateus (2013) y García (2014), coinciden en que su actividad biodeteriorante está dada por la producción de dióxido de carbono, y los daños mecánicos que ocasionan a los bienes debido a las contracciones y dilataciones de la respiración por talos en correspondencia con la humedad relativa.

En textos consultados se reconoce el impacto de los líquenes en la degradación del patrimonio documental. No obstante, no se tendrá en cuenta su incidencia; tampoco la de las algas, pues no posee la misma intensidad y periodicidad que la atribuida a los restantes microorganismos seleccionados a partir de los objetivos del presente proyecto.

2.4. BACTERIAS

La observación de dichos organismos unicelulares inició a mediados del siglo XV. Desde entonces, cuantiosos han sido los estudios que han abordado sus principales características. Más lejanos o cercanos, han reconocido la diversidad de formas que presentan, pese a su estructura simple y la posibilidad de examinarlas solo a través de un microscopio.

Entre las bacterias más distintivas figuran aquellas que semejan un coco o vacilo; aunque igual las que develan forma de bastoncillo. Sobre los tipos conocidos y atípicos, Lansing y Prescott (2002) advierten:

Aparte de estas dos (...) más frecuentes, las bacterias pueden adquirir una gran variedad de formas. Los actinomicetos forman largos

filamentos multinucleados característicos, o hifas, que pueden ramificarse para constituir una red denominada micelio. Muchas bacterias poseen una forma semejante a bacilos largos retorcidos como espirales o hélices; se denominan espirilos si son rígidos, y espiroquetas cuando son flexibles. (p.46)

La diversidad y su descubrimiento han quedado a merced de los adelantos de la ciencia. Algunos ejemplos, de acuerdo con la forma, constan acá:

Tabla 4. Tipos de bacterias según su forma

Tipos	Características	Ejemplos
Gram positiva o negativa	En forma de barras o varillas	<i>E. Coli</i> y <i>Salmonella</i>
Gram positiva	En forma de esferas. Son conocidas como coco	<i>Staphylococcus</i> y el <i>Streptococcus</i>
Gram negativa	En formas de espirales	<i>Treponema</i>

Con la intención de evitar reduccionismos, se muestran los diferentes tipos que existen según el criterio “morfología”:

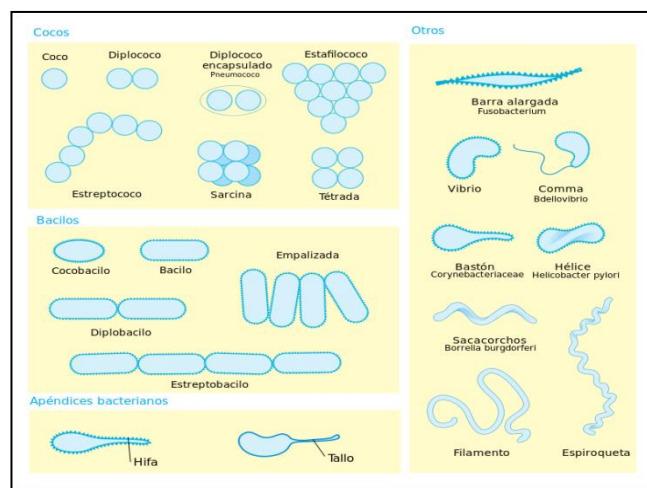


Figura 3. Morfología de las bacterias

(Hernández, 2015)

Con anterioridad a la invención de técnicas moleculares, estos microorganismos solo eran clasificados en correspondencia con su forma.

En la actualidad, se combinan ambos procedimientos y se parte además de terceros criterios: el metabolismo, el ambiente necesario para su reproducción y las reacciones bioquímicas (García, 1999).

El subgrupo microbacteriano varía asimismo en cuanto a tamaño; y a diferencia de otras células, sus ejemplares no tienen un núcleo definido, ni presentan estructuras en el citoplasma. Debido a tales características, perceptibles en la siguiente figura, se denominan procariotas:

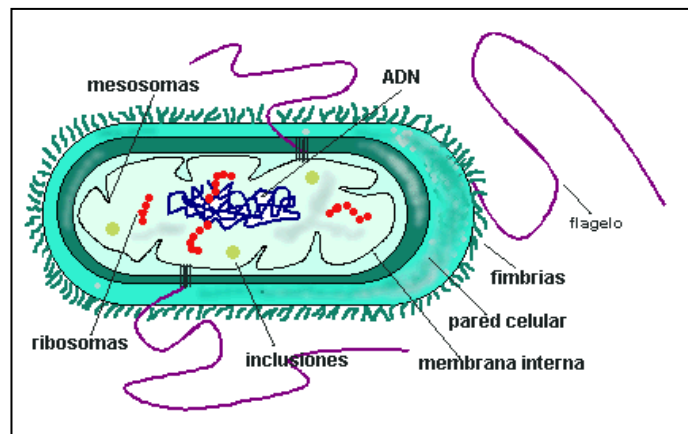


Figura 4. Componentes de la estructura celular

(Hernández, 2015)

Aunque presentan una estructura celular simple, las bacterias son marcadamente resistentes y abundantes. Pueden desarrollarse en varios ambientes debido a los tipos de metabolismo, su movimiento y reproducción. En cuanto al primero de los aspectos, muestran una mayor diversidad que organismos superiores. Su metabolismo se cataloga sobre la base de los siguientes criterios: fuente de energía¹², abastecedores de electrones¹³ y origen del carbono¹⁴. En coherencia con los anteriores procesos, la clasificación más conocida e influyente se expone a continuación:

¹² Se clasifican en fotótrofos cuando emplean luz a través de la fotosíntesis, o en quimiótrofos cuando la obtienen a través de sustancias químicas.

¹³ Las bacterias litótrofos utilizan los compuestos inorgánicos como abastecedores de electrones; mientras que las organótrofos usan compuestos orgánicos.

¹⁴ Son heterótrofos aquellas que recurren a compuestos orgánicos; y autótrofos, las que, mediante la fijación del dióxido de carbono, obtienen el carbono celular.

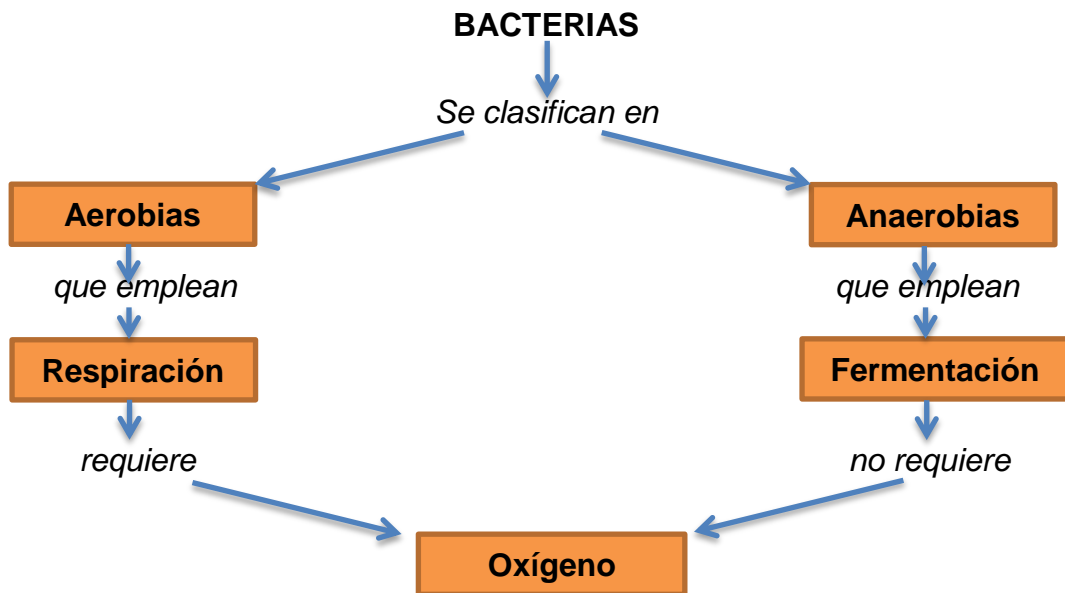


Figura 5. Clasificación según el empleo de oxígeno

(Hernández, 2015)

Desde el punto de vista nutricional, “las bacterias exhiben una amplísima gama de modalidades metabólicas pudiendo utilizar como fuentes de carbono y energía una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos, así como la energía luminosa” (Jiménez, 2007, p.28).

A la par, puede hablarse de una estrecha relación entre el crecimiento de las células y su reproducción por división celular. Normalmente crecen hasta un tamaño fijo y luego se reproducen de forma asexual.

La Doctora Figueroa (2011) profundiza al respecto:

En condiciones apropiadas, una bacteria Gram-positiva puede dividirse cada 20-30 minutos y una Gram-negativa puede hacerlo cada 15-20 minutos; aproximadamente a 16 horas su número asciende a unos 5

mil millones. Bajo condiciones óptimas, pueden crecer y dividirse muy rápido. (p.1)

Sin lugar a dudas, el crecimiento y proliferación acelerada de las bacterias depende de las condiciones ambientales. Valentín & García (1999) mencionan que estos organismos unicelulares pueden crecer en un pH de 7 u 8, con una temperatura oscilante entre 25 y 38°C –aunque llegan incluso a resistir valores bajo cero y mayores a 45°C, como las termófilas.

Como particularidad, se clasifican además en aerobias o anaerobias. Estas son capaces de generar enzimas y ácidos de manera orgánica e inorgánica, útiles en su proceso de degradación de un bien documental.

2.4.1. LAS BACTERIAS Y EL BIODETERIORO

Las bacterias resaltan entre los microorganismos más recurrentes al analizar el deterioro de documentos. Algunos expertos plantean que presentan menor riesgo en comparación con los hongos (García, 1999). Otros, como Toloza (2012), argumentan que estos agentes biológicos presentes en los soportes crecen empleando concentraciones muy bajas de nutrientes.

Aquellas “con mayor incidencia y prevalencia en el biodeterioro del patrimonio documental son *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Bacillus* y *Treptomyces*” (Mateus, 2013, p.4). Sobre el tema, Luis Diego de Jesús García (2014) subraya:

Las especies aeróbicas, con forma de bastones y las *Cytophaga* (mixobacteria) son atraídas por los papeles vegetales. La acción de los ácidos producidos por esos microorganismos provoca ruptura de las cadenas de celulosa, por lo tanto, degradan la matriz quedando el papel poco consistente, quebradizo y con la tinta descompuesta. (p.8)

Si bien hacen falta técnicas microscópicas para la identificación de bacterias, los daños que acarrear resultan visibles:



Figura 6. Documentos biodeteriorados por bacterias y otros agentes

(Manuzio, 2015)

La mayoría de las bacterias comienza a desarrollarse en dependencia de la humedad que presenta la carátula del documento. A juicio de Nieves (2000), esa condición se aprecia en tanto uno de los factores que más propicia el crecimiento microbiano, pues determina la cantidad de agua presente para la germinación de las esporas.

En un principio se pensó que las más perjudiciales pertenecían al grupo de las anaeróbicas. No obstante, la reproducción de estudios prácticos pone en duda la veracidad de esa afirmación. Para Munguía (2008), las eubacterias¹⁵ y micobacterias¹⁶ constituyen los tipos que con más reiteración se identifican ante deterioros en los acervos impresos.

La incidencia y presencia de estos microorganismos se subordinan a las características de las obras. Si bien las dañan, también ocasionan estragos en otras estructuras como la madera.

Generalmente, los referidos agentes biológicos deterioran ese material con lentitud y, sobre todo, aquellas superficies con humedad. “Varias especies

¹⁵ Formas simples que carecen de ramificación real y pueden presentar varias formas.

¹⁶ La clasificación depende de su forma y tamaño. Pueden ser cortas, largas o filamentosas. Tienden a la ramificación.

de *Streptomyces* tienen la habilidad de degradar y remover lignina de coníferas, latifoliadas y gramíneas” (Kuhad et al, 1997).

Investigaciones sobre el tópico sacan a la luz cómo influyen estos microorganismos en otros soportes. Como resultado de su interés en torno al perceptible en las fotografías, Saúl Ezequiel Monroy y Adriana Sánchez (2007) nombran las bacterias más dañinas según la especie y el impacto:

Tabla 5. Tipos de deterioro según género

Género	Impacto
<i>Actinomycetales</i>	Degradación celulosa
<i>Corynebacterium</i>	Actividad débil, pero muy frecuente y variable
<i>Streptomyces</i>	Pigmentación amarilla

(Monroy & Sánchez, 2007)

La consulta bibliográfica pone al descubierto las múltiples causas y consecuencias entrelazadas a la incidencia de los agentes biológicos sobre las obras. A raíz de ello, emerge la interrogante: ¿de qué modo poner la ciencia y la investigación en función de la conservación del patrimonio?

Una respuesta inmediata guía hacia los métodos y técnicas a partir de los cuales es posible realizar la identificación microbiológica de las bacterias presentes en el ambiente y que actúan de forma negativa sobre los bienes documentales acopiados en bibliotecas y archivos.

2.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN MICROBIOLÓGICA BÁSICA DE LAS BACTERIAS

Aunque en la actualidad no se comprenda del todo la significación de los bienes documentales, existen a nivel mundial convenios y estudios que

estipulan los métodos y técnicas para protegerlos y conservarlos. Se dan ambas misiones a través de metodologías¹⁷ de trabajo multidisciplinarias.

Sin embargo, Del Egido, Villaescuerna & Hidalgo (2005) opinan que “carecen de la visión integradora que en un plan de estas características debe proponerse” (p.12). Se olvida el principio fundamental: debe partir de un examen preliminar sobre el estado de conservación de la obra.

Un trabajo acertado requiere un informe técnico que muestre las interioridades de estudios preliminares sobre indagación, intervención y mantenimiento (Sameño & García, s.f.). La estrategia a seguir exige una secuencia lógica:

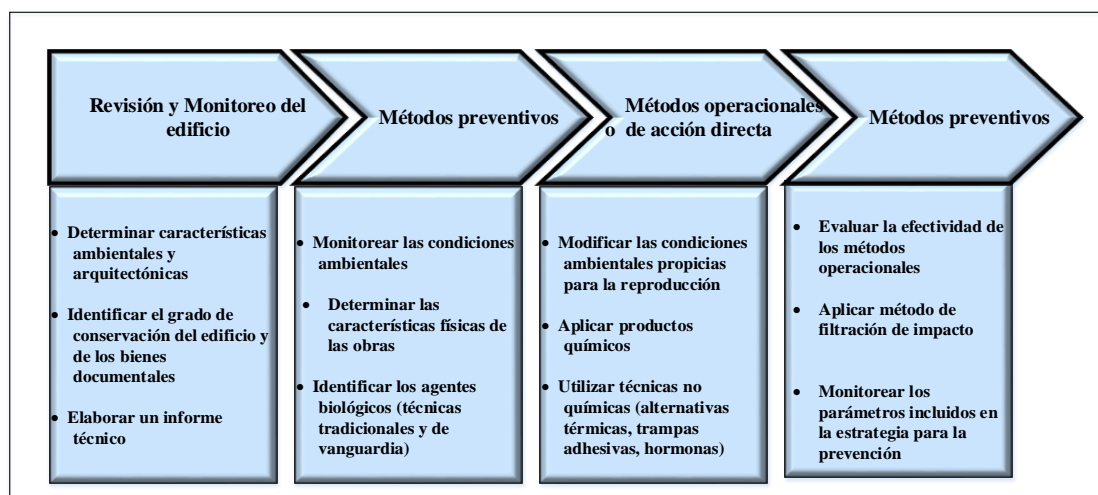


Figura 7. Metodología para garantizar la conservación de bienes documentales

Según se muestra en la figura, toda intención de prevenir o revertir el biodeterioro y la influencia de los agentes microbiológicos demanda la revisión y monitoreo, es decir, la identificación, cuantificación y aislamiento de los microorganismos presentes en bibliotecas y archivos. A partir de ahí, debe concebirse y aplicarse una estrategia mediante métodos preventivos o de acción directa¹⁸.

¹⁷ En 1931 se materializa en verdad la institucionalización de la metodología a seguir para proteger las obras. Ese año se promulgan la Carta de Atenas y la Carta de Respaldo, donde se establecía el respaldo al patrimonio; mas, su aplicación fue utópica, pues constantemente se violaron sus postulados.

¹⁸ Tras la identificación microbiológica, se aplican diferentes procedimientos para la desinfección y desinsectación de los bienes documentales. Tradicionalmente ha sido usual el empleo de insecticidas y plaguicidas.

2.5.1. MÉTODOS PREVENTIVOS

En cualquier ámbito, una correcta protección exige, antes que acciones para revertir un daño causado, aquellas para evitarlos. En el área que aborda el actual trabajo de titulación, de lo que se trata es de prevenir el posible impacto de agentes biológicos a través de la elaboración de una estrategia que emane del estudio global de los bienes culturales. La institución que los resguarda no es más que un ecosistema donde existe una interrelación entre factores físicos, químicos y biológicos.

Por tanto, el dominio de tal interconexión, así como de las características y transformaciones inherentes a cada componente, viabilizaría la elaboración de una metodología capaz de regular las poblaciones de agentes biodeteriorantes sin causar perjuicios a segundos o terceros. Consistiría en seleccionar las acciones más adecuadas entre los tres tipos de tratamientos¹⁹ conocidos hoy.

En este punto de la fundamentación teórica, se dirige la mirada hacia la prevención. Involucra no solo los trabajos de limpieza y mantenimiento de los edificios, la utilización de un mobiliario adecuado o los cambios de temperatura y aireación; también el monitoreo constante (Munguía, 2008).

Respecto a tal aspecto, si bien algunos investigadores no coinciden con la opinión esbozada por Del Egado, Villaescuerna & Hidalgo (2005), ellos insisten: disímiles

Poco a poco, parámetros de control ambiental, limpieza periódica de fondos, pautas de explotación, manejo y consulta de los materiales, que antes eran de aplicación exclusiva en grandes instituciones, se van aplicando, con distintas velocidades y niveles de éxito, a cualquier institución responsable de la custodia de patrimonio. Dentro de estos

¹⁹ Existen tratamientos comerciales, especializados y preventivos. El de carácter comercial lo lleva a cabo una empresa; el talento humano de las instituciones ejecuta el preventivo; mientras que el especializado se relaciona directamente con el tratamiento de los bienes documentales.

parámetros de preservación del material, está introduciéndose (desde hace décadas) el del control biológico. (pp.25-26)

Cada una de las acciones descritas anteriormente podría impedir la reproducción de bacterias. “Para el tratamiento contra los microorganismos se pueden eliminar los ya existentes, pero sobre todo se deben implantar las condiciones ambientales que impidan su desarrollo” (Calvo, 1997; citado por Jiménez, 2007, p.27).

Tomando en cuenta los factores determinantes y en concordancia con los criterios expuestos por Del Egado, Villaescuerna & Hidalgo (2005), se estima pertinente el seguimiento de los pasos que se muestran a continuación:

- Análisis del estado de conservación material: estudios físicos, químicos y biológicos mediante la exposición del objeto a radiación con diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético, para la detección e identificación de organismos agentes de deterioro.
- Diagnóstico para garantizar la estabilidad del sistema tras el tratamiento y la buena respuesta a largo plazo de los materiales. Establecer un tratamiento que modifique las condiciones de contorno que han provocado el deterioro.
- Evaluación a través de la relación entre variaciones de parámetros investigados y su impacto en el estado de los documentos (p.4).

El desarrollo de la metodología no depende de un solo parámetro o ecosistema presente en las bibliotecas y los archivos. De ahí, resulta imprescindible estudiar las condiciones ambientales que pueden influir en el deterioro del patrimonio documental albergado en las instituciones. Ante su incidencia, se precisa luego la realización de diagnósticos de alteraciones provocadas por los agentes biológicos.

La protección depende de un seguimiento interdisciplinar por medio del cual es posible conocer, detectar y actuar, cuando no resulta fácil identificar los parámetros que propician el biodeterioro. Por ejemplo, la incidencia biológica

requiere de la identificación, diagnóstico y tratamiento. Para llevarlos a vías de hecho, existen distintos métodos tradicionales; mas, su aplicación práctica ha evidenciado limitaciones que hasta el momento se reducen gracias a técnicas de vanguardia en el campo de la biología molecular.

“Esta ciencia permite diseñar estrategias para la conservación y protección de los bienes culturales y así controlar la colonización microbiana, a partir del conocimiento y estudio de las comunidades responsables del biodeterioro” (Menguiano, Pérez, & Sameño, 2013, p.176).

Tras reconocer los aportes actuales y la herencia de procederes tradicionales para la prevención, apremia un desglose de sus características. Se parte del método tradicional, el cultivo y sus técnicas.

Tabla 6. Técnicas de cultivo

Tipos de técnicas	Procedimientos
Siembra por estría en placa	Toma de muestra de población mixta. Realización de estrías en un medio sólido, preparado sobre una placa. Luego, las placas se incuban en un medio adecuado.
Vertido y extensión en placas	Se diluyen las suspensiones microbianas. Después se mezclan con agar fundido, y se vierten en placas. Las placas se incuban hasta la aparición de colonias.

Así se analiza con efectividad el biodeterioro presente en bienes documentales, pues no solo se logran detectar y contabilizar las bacterias que causan daños; es posible determinar, con mayor exactitud, los microorganismos aislados en el cultivo.

En virtud de lo mencionado, la aplicación de tales técnicas ha sido muy útil para el estudio de ciertos microorganismos relacionados con el biodeterioro, pues se obtiene casi un 80 por ciento de los presentes en la población. Sin embargo, solo analiza aquellos que son cultivables bajo condiciones de laboratorio y obvia comunidades como las relacionadas a continuación:

Tabla 7. Microorganismos no cultivables

Microorganismos	Características
Simbiontes obligados o parásitos	Requieren condiciones específicas para su supervivencia
En situación de estrés o dañados	Capaces de ser cultivados en laboratorio, pero bajo condiciones muy especiales
En situación de estrés ambiental	Conservan distintas particularidades metabólicas, pero no pueden ser cultivados

Entonces, las técnicas dependientes del cultivo no brindan información completa sobre los miembros de la población (Schabereiter-Gurtner et al., 2001); tampoco, datos sobre la relevancia que los gérmenes cultivables poseen en dicha comunidad (Miras, 2011).

Según lo expuesto, se recurre a otras técnicas de vanguardia que brindan mayores datos. Parten del análisis de todos los microorganismos y no solo de aquellos que pueden ser cultivados. Tras esa intención es muy recurrente que, a partir del genoma²⁰ completo de un agente biológico, ocurra la amplificación específica de determinadas secuencias de ácido desoxirribonucleico (conocido por las siglas ADN).

Las sustancias estudiadas son únicas y distintivas de cada especie. Debido a dicha particularidad, se torna más fácil la detección de complejas poblaciones involucradas en el deterioro de los bienes documentales a través del método molecular, el cual incluye varias técnicas.

Las técnicas no dependientes del cultivo han conseguido aumentar la lista de microorganismos aislados a partir de diferentes muestras, pues determinan la presencia de especies que se encuentran en la comunidad. No obstante, con las técnicas de vanguardia tampoco es posible conocer con total exactitud de dónde proviene ese ADN: “si procede de microorganismos vivos, muertos, o de estructuras de resistencia como las esporas y, por tanto, no se sabrá si los microorganismos identificados son

²⁰ Conjunto de genes presente en una célula y sus cromosomas; depende de la forma de vida: eucariotas y procariotas.

responsables o no del deterioro de las obras objeto de estudio” (Ciferri, 1999, p.40).

Una vez delineadas las técnicas, señaladas las ventajas y desventajas de una en comparación con la otra, se insiste en la necesidad de reconocer el fin, por encima de las diferencias entre los medios. Ambas parecen pertinentes para la identificación, estudio y detención de las poblaciones microbianas influyentes en el deterioro del patrimonio documental.

Sin embargo, aún no puede hablarse de una metodología abarcadora²¹. Tanto es así que, la identificación de comunidades numerosas, a veces se torna difícil y urge utilizar otra técnica de vanguardia: la clonación.

Consiste en insertar los distintos fragmentos de desambiguación (DNA) en bacterianos resistentes a un antibiótico. Los plásmidos son a su vez introducidos en bacterias de la especie *Escherichia coli*. Las bacterias transformadas se seleccionan en placas de medio de cultivo. Después de este proceso aparecen colonias aisladas en la placa, cada una de las cuales contiene un solo tipo “clon”. Varias de estas colonias se inoculan separadamente en medio de cultivo líquido con ampicilina y se dejan crecer, luego se extraen entonces los ADN y se comparan. (Menguiano, Pérez, & Sameño, 2013, p.186)

Los avances científicos proveen nuevos procedimientos. Más allá de la clonación, en el presente se difunden y extienden otros métodos como el gravimétrico de sedimentación en placa, propuesto por Omeliansky (Tolozá, 2012) y las placas Petrifilm. Ambos se consideran útiles para muestreos microbiológicos.

Sin lugar a dudas, métodos y técnicas tradicionales y actuales ayudan a la identificación y erradicación de poblaciones de microorganismos. Pero la metodología debe partir del diseño y ejecución de medidas preventivas

²¹ Expertos recomiendan la combinación de métodos preventivos y de acción directa, que operan a través de técnicas antiguas y contemporáneas, para así obtener una imagen holística sobre el número, actividad y dinámica de las distintas comunidades de bacterias, pues normalmente se encuentran determinadas discrepancias entre los resultados alcanzados mediante las técnicas dependientes e independientes de cultivo (Laiz et al., 2003).

apropiadas, para evitar la multiplicación de un fenómeno como el biodeterioro. Ha de primar la idea de que la protección y conservación de los bienes documentales garantiza y consolida la riqueza cultural de las naciones.

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se llevó a cabo en la Biblioteca y Archivo del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana, Quito.

A continuación se exponen y analizan el enfoque, alcance, diseño y fases de la investigación, así como la identificación de equipos y materiales usados en el experimento y el procedimiento utilizado para el muestreo microbiológico.

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Tiene como finalidad la cuantificación, aislamiento e identificación de las bacterias presentes en el ambiente y en los bienes documentales del lugar objeto de estudio.

3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Definir el género de las bacterias presentes en el ambiente y bienes documentales del Archivo y Biblioteca del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana de Quito, mediante técnicas de microbiología básica.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó un diseño experimental, pues en un ambiente controlado se realizó la identificación y cuantificación de las bacterias, a través de procedimientos estandarizados.

3.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación se realizó en varias fases:

3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Inicialmente se llevó a cabo la investigación documental que permitió el desarrollo del marco teórico, mediante el análisis de diferentes fuentes bibliográficas primarias y secundarias relacionadas con el biodeterioro en bienes documentales ubicados en archivos y bibliotecas, los agentes que lo provocan, especialmente las bacterias, por ser el objeto del presente trabajo.

Como parte del reconocimiento del lugar asignado (Biblioteca y Archivo del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana, Quito) se accedió con el objetivo de determinar las condiciones de los bienes documentales “que datan del siglo XVII, entre los que se incluyen libros corales, documentos religiosos, obras de ciencia, diarios de noticias del Ecuador, entre otros” (Aguayo, 2015). Esta visita inicial permitió conocer datos necesarios para la definición del plan de trabajo, la organización, estructura y estado físico del lugar.

Se debe realizar una macro y microlocalización del lugar de estudio, para que se conozca su ubicación.

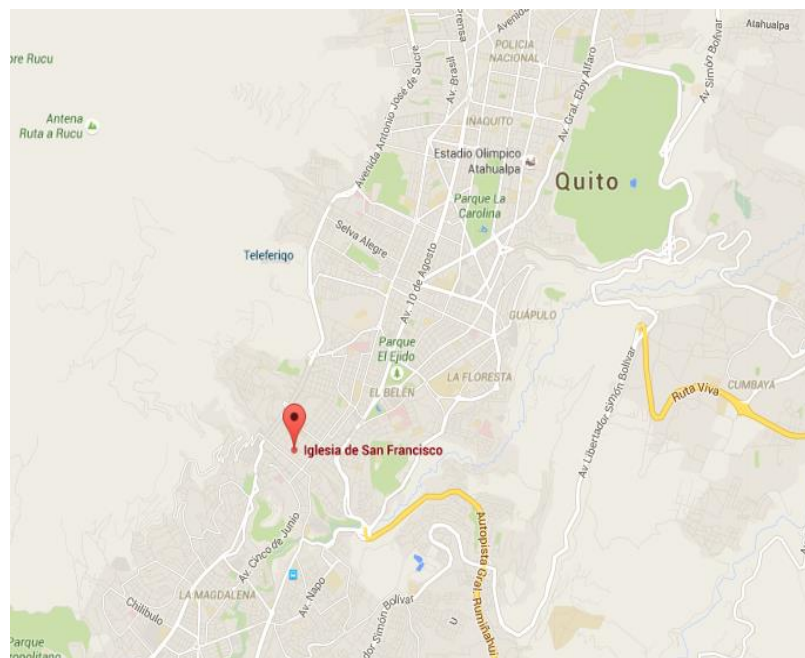


Figura 8. Macrolocalización.

(Google Maps, 2015)



Leyenda:



-  Biblioteca del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana
-  Archivo del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana

Figura 9. Microlocalización de la Biblioteca y archivo del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana.

(Google Maps, 2015)

3.4.2. TOMA DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS

Para proceder con la segunda fase se realizó una inspección del lugar con la finalidad de obtener la población de libros, su disposición, el soporte de los mismos, así como las condiciones de iluminación, ventilación, humedad y temperatura. Aspectos primordiales que permitieron la definición de las muestras a obtener.

Posterior a la inspección se determinaron los siguientes datos:

Área de la biblioteca: 140 m²

Ventanas: 9

Iluminación artificial: 10 focos y 12 lámparas fluorescentes

Entradas y salidas: 1

Cantidad de estantes: 52

Cantidad de ejemplares: 250 por repisa

Área del Archivo: 25 m²

Ventanas: 1

Iluminación artificial: Lámpara central colgante

Entradas y salidas: 1

Cantidad de estantes: 14

3.4.2.1. Toma de muestras ambientales

Tanto en el Archivo como en la Biblioteca se recogieron las muestras ambientales ubicando las placas Petri en la biblioteca en los estantes 3, 14 y 21 a 1.5 metros del suelo, en el archivo se colocaron en el primer piso sobre

el escritorio y en el segundo piso sobre el tercer estante a un metro del suelo, escogidos al azar, para lo cual se utilizó la metodología de placas fijas expuestas durante treinta minutos. Las placas o cajas Petri tenían dos tipos de agar: agar nutritivo y agar sangre de carnero.

Luego de la toma de muestras, las placas fueron selladas con papel Petrifilm y llevadas, a bajas temperaturas, con la ayuda de geles, directamente a la incubadora dentro del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial a 37 grados de 18 a 24 horas.

3.4.2.2. Toma de muestras de superficie (acervos bibliográficos)

Para realizar la toma de muestras en superficie, primeramente se diferenciaron los tipos de soportes de los acervos bibliográficos existentes tanto en el archivo como en la biblioteca. Se identificó al papel artesanal, papel industrial y pergamino. Se utilizó un muestreo al azar, donde el área de muestra por libro fue de 10 x 5 cm, utilizando una plantilla de aluminio estéril cinco veces por cada libro, y de tres a cinco libros por cada hisopado.

La realización del muestro se llevó a cabo *in situ*. En los libros se muestreó la cubierta anterior, cubierta posterior y el papel, en los cuales se utilizaron hisopos largos previamente esterilizados para prevenir la contaminación de la muestra. El área en la que se realizó el muestro fue esterilizada con alcohol.

Los hisopos se ubicaron en tubos de ensayo, los cuales contenían 1 ml de caldo nutritivo. Estas muestras fueron transportadas al laboratorio en un *couler* a baja temperatura, con la ayuda de geles congelados.

En el laboratorio, se realizó la extracción de 1 ml para luego dejar la muestra en la caja de agar nutritivo identificada posteriormente.

Después, se esparció la muestra sobre el agar en toda la placa, con la ayuda de las perlas de vidrio.

Se incubaron en la estufa a una temperatura de 35 a 37 grados, durante 24 horas.

3.4.3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

3.4.3.1. Proceso de identificación de bacterias

Se procedió a realizar el recuento de colonias de bacterias por cada placa y se identificaron los tipos de colonias, detallando la cantidad, el color, tamaño y aspecto de cada colonia, aspectos definidos dentro de la morfología. Posterior a la identificación y cuantificación de los diferentes tipos de bacterias, se realizó la separación de colonias. El procedimiento a seguir fue la siembra en una placa con agar nutritivo de cada clase de colonia, utilizando la técnica de estriado, la cual se explica a continuación:

3.4.3.1.1. Técnica de estriado

Esta consiste en separar las colonias y crear cultivos puros de colonias en cada placa para evitar la contaminación de las muestras. Luego de inocular el medio en el que se trabaja, se enciende el mechero con precaución y se esteriliza el asa de forma circular en la punta a ocupar, después de pasar por el mechero se ventila el asa para que esta baje la temperatura y no que queme la bacteria, se toca a la colonia y esta es esparcida por la placa nueva realizando un estriado.

3.4.3.1.2. Realización de frotis

El frotis es la extensión de la muestra de microorganismos en un portaobjetos con la finalidad de aislarlos y tener una mejor visualización.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Colocar una gota de agua destilada en un portaobjetos
- Esterilizar un asa hasta que llegue al rojo vivo y dejarla reposar
- Con el asa extraer la muestra de la colonia y ubicarla en la gota, esparciéndola. (Extensión)
- Dejar reposar con el aire hasta que se seque la muestra del portaobjetos (Secado).
- Luego se pasa el portaobjetos sobre el mechero por tres veces consecutivas. (Fijación)

Este paso por sí solo no ayuda mucho si no se aplican los métodos tradicionales de tinción.

3.4.3.1.3. Tinción de Gram

Como bien se expuso anteriormente es necesario utilizar la tinción para la identificación de las bacterias. Se utilizó la técnica de coloración de Gram, por ser rápida y muy efectiva.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Ubicar una gota de los siguientes reactivos sobre la muestra en la placa o porta objetos por el tiempo especificado, después de que pasa el tiempo lavar la placa con agua destilada.
 - Safranina: 1 minuto

- Lugol: 1 minuto
 - Alcohol cetona: 30 segundos
 - Cristal violeta: 1 minuto
- Secar la muestra.
 - Observar al microscopio para identificar si son Gram positivas o negativas, bacilos o cocos.

Las bacterias Gram negativas pierden un colorante (el cristal violeta) con mayor facilidad que las Gram positivas. La razón es la menor cantidad de mucopéptido de las paredes de las bacterias Gram negativas.

La diferenciación se hace añadiendo pequeñas cantidades de etanol a las células teñidas con cristal violeta. El citoplasma de las células que han perdido el cristal violeta se tiñe con otro colorante (safranina). La diferencia de color se relaciona con el tipo de pared bacteriano: células de color violeta (bacterias de pared Gram positivas) y células de color rosa (bacterias de pared Gram negativa) (Universidad de Granada, 2015).

3.4.3.1.4. Pruebas bioquímicas

La presente investigación en lo referente a las pruebas bioquímicas se basa en la metodología del Manual de Bergey (Krieg et al., 1984). Ver Anexo I.

3.4.3.1.4.1. Bacilos Gram Positivos

Para los Bacilos Gram positivos se aplican varias pruebas las cuales se exponen a continuación:

Se inicia con la prueba de formación de esporas, cuya finalidad es verificar si las bacterias Bacilos Gram positivos son formadoras de esporas.

a) Tinción de esporas

El estudio de esta prueba es de gran importancia pues “algunas de las bacterias productoras de endosporas son patógenas para el hombre, por lo que su estudio y observación son de enorme interés” (Universidad de Granada, 2015).

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Se realiza la técnica de frotis descrita anteriormente.
- Se coloca el papel filtro sobre la muestra de la bacteria.
- Se aplican 2 gotas de colorante verde malaquita.
- El portaobjetos se pasea por el mechero repetidas ocasiones con la pinza para portaobjetos hasta que se seque la muestra.
- Adicionar 2 gotas más de verde malaquita y repetir el último proceso.
- Aplicar una gota de safranina por un minuto.
- Se lava el portaobjeto.
- Observar en el microscopio.

Los resultados a obtener una vez practicado el procedimiento son:

- Bacterias no formadoras de esporas (roja).
- Bacterias formadoras de esporas (espora o burbuja verde).

b) Anaerobiosis estricta

Esta prueba se utiliza para determinar qué bacterias pueden crecer en un ambiente anaeróbico (totalmente sin oxígeno) y cuáles de ellas no.

Para aplicarla se sigue el siguiente procedimiento:

- Realizar la técnica de estriado de la colonia.
- Preparar la campana de anaerobiosis
- Ubicar las placas en la cámara
- Poner 35 ml de agua destilada en el gel reactivo de la campana
- Cerrar de manera adecuada la campana de anaerobiosis e incubar a 35 grados de 18 a 24 horas.
- Observar resultados, la bacteria puede crecer en la placa, lo que significa que tiene las condiciones adecuadas para vivir en un medio sin oxígeno. Si la bacteria no crece se descarta esa posibilidad.

c) Catalasa

La prueba de catalasa tiene su fundamento en que el peróxido de hidrógeno es el producto final del metabolismo oxidativo de carbohidratos, esta vía metabólica recibe el nombre de metabolismo aerobio-oxidativo.

La acumulación del peróxido es muy tóxico por lo que la mayoría de las bacterias aerobias y anaerobias facultativas (...) producen una enzima llamada catalasa que degrada el peróxido de hidrógeno obteniendo agua y oxígeno gas (Universidad de Granada, 2015).

Se siguió el siguiente procedimiento:

- Se esterilizan los portaobjetos a utilizar.
- Luego, con el asa se extrae un poco de la muestra para colocar en el portaobjetos.
- Se aplican dos gotas de agua oxigenada.
- Observar resultados, si existe un tipo de burbujeo, indica que la prueba es positiva y la colonia es productora de catalasa.

3.4.3.1.4.2. Cocos Gram Positivo

Para los Cocos Gram positivo se aplica de igual forma la prueba catalasa descrita con anterioridad y además se sigue el siguiente procedimiento:

a) Fermentación de manitol

Se trata de un medio altamente selectivo debido a su alta concentración salina. Se utiliza para identificar los Gram positivos de los negativos, ya que los negativos no prosperan en un medio tan salado.

Este proceso es el mismo para realizar las pruebas de fenilalanina, urea y Simmons citrato con sus respectivos agares.

Se debe preparar el agar manitol en los tubos de ensayo y utilizar la técnica cola pez, la cual consiste en usar el asa de punta redonda para extraer la bacteria e inocularla en el agar realizando un zigzag desde el fondo hasta la parte externa.

Observar resultados después de incubar a 35 grados de 18 a 24 horas

b) Pigmentación amarilla

Se observa el color de la colonia para de esta manera eliminar posibles bacterias y acercarse más al resultado.

3.4.3.1.4.3. Bacilos gram negativos

a) Oxidasa

Esta prueba está basada en la identificación de una enzima bacteriana llamada citocromoC oxidasa y para reducir el nombre se le dice oxidasa.

Se utilizan colorantes cromógenos que actúan como aceptadores artificiales de electrones que sustituyen de cierta manera al oxígeno usado por la bacteria, los más usados son:

- Tetrametil-p-fenilendiamina.
- Dimetil-p-fenilendiamina.
- Indofenol.

El reactivo de Kovacs es incoloro pero al ponerlo en contacto con la enzima citocromoC oxidasa cambia a un color morado (Universidad de Michigan, 2015).

Si el resultado es positivo se realiza la prueba TSI (tree sugar iron) para determinar si es fermentadora de glucosa, pero si el resultado sale negativo se realizan las pruebas de catalasa, TSI, LIA (Agar Lisina Hierro), Urea, Manitol, SC (Simmons citrato), SIM (Sulfuro Indol Motilidad), RMVP (Rojo metilo, voges proskauer). En función de ello se deben observar los resultados.

b) TSI (tree sugar iron)

Esta prueba se realiza con la finalidad de identificar la capacidad de un microorganismo de degradar un hidrato de carbono específico incorporado a un medio básico con o sin producción de gas y de ácido sulfhídrico (SH₂).

3.4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez detectados los hallazgos del experimento se procedió a su análisis cuantitativo mediante la utilización de Microsoft Excel, que es un programa desarrollado por la compañía Microsoft que permite realizar análisis numéricos.

Como no existe una normativa legal tanto nacional o internacional para los valores límites para los agentes biológicos, en este caso las bacterias, se realizó un análisis comparativo con los datos suministrados por la Organización Mundial de la Salud y el documento editado en 1993 por la comisión de Comunidades Europeas (Cost Project 61 Report N° 12), tal y como se expone en la siguiente tabla los niveles de contaminación del aire por bacterias:

Tabla 8. Nivel de contaminación en el aire por bacterias

NIVEL DE CONTAMINACION	CONCENTRACION DE BATERIAS (u.f.c. / m³ en el aire)
MUY BAJA	< 50
BAJA	50 - 100
INTERMEDIA	100 - 500
ALTA	500 - 2.000
MUY ALTA	> 2.000

(Commission of the European Communities, 1993)

3.5. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Como se expuso anteriormente es una investigación con un diseño experimental, para ello se utilizaron una serie de materiales y equipos que se explican brevemente a continuación:

3.5.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Según la metodología aplicada los medios de cultivo constituyen la base para la cuantificación de las bacterias. Para ello se utilizaron los siguientes:

Tabla 9. Medios de Cultivo

Descripción	Cantidad
Frasco de agar nutritivo de 500 gr.	1
Frasco de Caldo nutritivo 500 gr	1
Frasco agar sangre de 500 gr.	1
Frasco de safranina de 250 ml	1
Frasco de lugol de 250 ml	1
Frasco de cristal violeta de 250 ml	1
Frasco de alcohol cetona de 250 ml	1
Frasco de agar sangre de carnero 500 r.	1
Frasco de agar manitol 500 gr.	1
Frasco de agar urea 500 gr.	1
Frasco de agar fenilalanina 500 gr.	1
Frasco de agar Simmons citrato 500 gr.	1
Frasco de agar SIM 500 gr.	1
Frasco de agar LIA 500 gr.	1
Frasco de agar TSI 500 gr.	1
Frasco de Alcohol 300 ml.	3
Frasco de Agua oxigenada (Prueba catalasa) 250 gr.	1
Frasco de Verde malaquita (Prueba tinción de esporas) 250 gr.	1
Frasco Agua destilada 250 ml	4

Mientras que los materiales usados fueron los siguientes:

Tabla 10. Materiales usados en laboratorio

Descripción	Cantidad
Tubos de ensayo	120
Mechero	2
Placas Petri	400
Marco Muestral de 5x10 cm	2
Hisopos	2
Guantes de protección de calor	1 par
Guantes quirúrgicos	1 caja
botellas para esterilización con rosca de 1 l	30
vasos de precipitación de 10 ml	10
vasos de precipitación de 20 ml	10

3.5.2. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Los equipos utilizados para la presente investigación son propiedad del laboratorio de la Universidad Tecnológica Equinoccial, los cuales serán descritos a continuación, como base para el posterior desarrollo de trabajos similares:

3.5.2.1. Cámara de flujo laminar

La cámara es marca Telstar de flujo laminar vertical, la cual ofrece protección óptima de los productos así como protección del operador/entorno.

Con aire filtrado mediante filtro HEPA, recirculado en un 70%, soplando sobre las muestras y flujo de entrada/escape del 30% igualmente con filtración HEPA; crea una barrera de aire en la parte frontal y permite el filtrado o conducción del aire de escape. Posee una superficie de trabajo en acero inoxidable (Azbil Telstar, 2013).

Se aprecia en el Anexo II.

3.5.2.2. Microscopio óptico

Es un equipo marca OLYMPUS CX21LED. Dicho microscopio es considerado “un paso adelante en la microscopía educativa para aplicaciones biológicas. Es un microscopio sólido, de fácil uso y gran fiabilidad, útil para usos educativos usuales” (Olympus Latinoamérica, 2015). Tal es el caso de la presente investigación, fue utilizado para analizar la taxonomía de las bacterias.

3.5.2.3. Incubadora memmert.

Se utilizaron dos incubadoras una para esterilizar a 80°C, donde la higiene presente un nivel óptimo y otra para incubar de 30 a 35°C, pues se requirió el cultivo microbiológico de las bacterias, donde este equipo permitió un control de temperatura y humedad en el proceso.

3.5.2.4. Autoclave manual y automático

El autoclave automático es de marca Yamato y se utiliza para “operaciones automáticas de esterilización a secado y se llevan a cabo con un sistema interactivo de entrada clave” (Yamato Scientific Co., 2012).

En el caso del autoclave manual, se utiliza con el mismo propósito. Ver Anexo III.

3.5.2.5. Campana de anaerobiosis.

Este equipo se utiliza para mantener una atmósfera en condiciones anaerobias para la incubación de las bacterias.

3.5.2.6. Espectro de fluorescencia.

Dicho equipo se empleó con la finalidad de estudiar a las bacterias, donde se aplica fluorocromos.

Estos son capaces de emitir fluorescencia cuando son excitados con luz a una longitud de onda adecuada. Cada una de estas moléculas fluorescentes se caracteriza por dos parámetros específicos: la longitud de onda óptima de excitación o absorción y la longitud de onda a la cual la emisión de su fluorescencia es máxima (Covadonga, de Silóniz, & Serrano, 2010).

3.5.2.7. Nevera para reactivos y placas Petri

Se utilizó para refrigerar las muestras y los reactivos. Dichos equipos se utilizan para la preservación y protección en un ambiente con una temperatura específica.

3.5.2.8. Balanzas de precisión

La balanza utilizada es marca Boeco, la cual “brinda una fiable tecnología de pesaje, velocidad, estabilidad (...) proporciona una calibración automática del peso de calibración externo. La pantalla es fácil de leer” (Recor, 2015).

3.5.2.9. HOBO data logger

Este equipo se utilizó para medir determinados parámetros medioambientales (temperatura y humedad relativa) al momento de la toma de las muestras tanto en el archivo como en la biblioteca.

3.6. PROCEDIMIENTO PARA EL MUESTREO MICROBIOLÓGICO

3.6.1. PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

3.6.1.1. Previo al muestro

En cuanto a la preparación de agar nutritivo inicialmente se debe identificar la cantidad de agar que se requiere para llevar a cabo el muestreo. Luego se pesa la cantidad de agar en la botella teniendo en cuenta que se deben utilizar 23 gramos de agar por cada litro de agua destilada.

Posteriormente la mezcla debe quedar homogénea para que se coloque en la hornilla hasta su ebullición sin permitir que se solidifique. Luego, se lleva al autoclave, donde se esteriliza el agar nutritivo por 1 hora a una temperatura de 120 grados Celsius.

Más tarde se espera que el agar se enfríe sin dejar que se solidifique la muestra, para luego repartirla en las diferentes placas Petri con una cantidad de 20 ml por cada placa.

La preparación del caldo nutritivo es muy similar a lo expuesto anteriormente. El primer paso es identificar la cantidad necesaria para el muestreo. De igual forma se pesa en la botella teniendo en cuenta que se deben utilizar 13 gramos de agar por cada litro de agua destilada.

Se debe homogenizar la muestra y se pasa por los diferentes tubos de ensayo con una pipeta, teniendo en cuenta que son 9 ml en cada tubo de ensayo

Posterior a este paso se coloca en el autoclave, donde se esteriliza el caldo nutritivo por 1 hora a una temperatura de 120 grados Celsius.

Se espera que el autoclave llegue a cero para retirar la muestra y se refrigera hasta el día de su utilización.

3.6.1.2. Muestreo biológico

Con la preparación del agar y caldo nutritivo se comienzan a realizar los muestreos, que se inicia en fecha 14 de enero de 2015 comenzando con el muestreo de superficie en la biblioteca y el archivo, culminando con el tercer muestreo ambiental. Las muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio para su posterior análisis una vez que se fueran aplicando las pruebas y técnicas descritas anteriormente y de esta forma y según la metodología de Bergey se fueron identificando las bacterias y sus géneros (Ver Anexos IV y V).

3.6.2. CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN

Es necesario identificar la cantidad de colonias por cada placa de un sector en específico pasadas las 24 o 48 horas de incubación. Posteriormente se detalla con un marcador y se suman todas las cantidades obtenidas y ello corresponde al total de colonias que se desarrollaron por placa y sector en ese período de tiempo. De esta forma se utiliza la concentración de las partículas UFC por placa y considerando el sector, identificando más tarde los géneros microbianos.

En relación a la cuantificación se siguió el procedimiento del control microbiológico con aplicación del método del hisopo del Ministerio de Salud de Perú (2007):

$$N = \frac{a}{y \times S} \quad (1)$$

Dónde:

$N = UFC/cm^2$ Unidades formadoras de colonias/ centímetro cuadrado de superficie hisopada,

a = Número de colonias por placa Petri,

y = Volumen de muestra sembrada en placa Petri (en ml) y

S = Superficie total de hisopado (cm^2).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo presenta el análisis y discusión de los resultados obtenidos en función de la aplicación de la metodología descrita anteriormente y tomando como basamento el objeto de investigación en el cumplimiento de los objetivos planteados.

4.1. ANÁLISIS EXPLICATIVO DE LAS SALAS DE ESTUDIO DENTRO DEL CCOFQ

Con el objetivo de identificar desde la microbiología las bacterias presentes en el ambiente y en los bienes documentales dentro de la Biblioteca y el Archivo inherentes al Conjunto Conventual de la Orden Franciscana Quito (CCOFQ), se accedió a ambos espacios. Constituyeron estos los entornos básicos sujetos a estudio.

4.1.1. DIAGNÓSTICO DE LA BIBLIOTECA DEL CCOFQ

En el caso de la Biblioteca, el área a investigar abarcó poco más de 140 metros cuadrados. La misma –en un único nivel²², y con solo una vía para la circulación hacia el interior o exterior–, se comprobó que ha devenido depósito donde son resguardadas obras de carácter científico.

Están ubicadas, en su mayoría, en 93 estantes metálicos de 3x1x0.50 metros. Aparecen en disímiles soportes. Entre las primeras, visualizando de sentido Este a Oeste, se identifican materiales elaborados y/o trabajados artesanalmente. A continuación, figuran aquellas con papel de procedencia industrial.

²² Equivalente a una única planta desde lo infraestructural.

Más allá se halla un mueble de menor tamaño, en el que se encuentran textos corales constituidos por pergamino. También, otros dos estantes, ya de madera y con dimensiones de 2x2.50x0.60 metros, donde constan ejemplares del periódico El Comercio.

Al inquirir acerca de las condiciones generales del lugar, se conocieron antecedentes. La Biblioteca, al igual que el Archivo, no cumplió antes dicha función. En coherencia con cuanto respondió su encargado durante un intercambio sobre dicho particular, fue posible concluir: desde el punto de vista microambiental, ninguno de los dos escenarios reunió a cabalidad los requerimientos para mantener a buen recaudo libros y demás.

¿A qué requerimientos se hace mención aquí?... Aire acondicionado –inexistente, por lo cual no se puede hablar de climatización bajo una regulación adecuada–; insuficiencias en lo relativo a la iluminación tanto natural como artificial –aspecto que se acentúa debido al grosor de las paredes y diseño arquitectónico de la instalación.

A raíz de la entrevista, sobresalió asimismo que la limpieza y conservación se reducen a actividades de efectividad cuestionable. La ventilación, por ejemplo, se limita a dejar abiertas algunas ventanas en las jornadas matutinas, cuando fuera, contiguo, se sitúa el patio, con vegetación ornamental, frecuentado por distintas especies de aves. Por esta razón, y dado el descuido del personal, resultan perceptibles la suciedad y el desorden.

Urge mencionar que a la acertada distribución de determinados libros se contrapone la desorganización de gran parte del patrimonio impreso con valor histórico. Se observa lo mismo en medio de los pasillos que en los bordes de las ventanas, dentro de cajas, gran cantidad de polvo.

La realidad descrita explica, sin duda, la presencia de mosquitos, moscas, mariposas, polillas, roedores, entre otros, vivos o no, a lo largo y ancho de la Biblioteca. A los factores desencadenantes de su proliferación quizás se

sumó la inundación que hace algún tiempo acaeció en este sitio. Confirma el entrevistado que el hecho sentó todavía más las bases para el evidente biodeterioro que se muestra ante los ojos de todos(as), pues la humedad propició la invasión de los citados agentes biológicos capaces de degradar, en lo fundamental, la celulosa.

4.1.2. DIAGNÓSTICO DEL ARCHIVO DEL CCOFQ

El examen del Archivo arrojó, en tanto información elemental, que este ocupa casi 25 metros cuadrados. Incluye una planta inferior y una especie de desván. Cuenta nada más con una ruta de acceso, a modo de entrada/salida.

Al decir del encargado, en tal área se localizan los fondos bibliográficos a los cuales los padres franciscanos atribuyen una significación superior. Se trata de manuscritos...

Exhibe la mencionada sala un mejor estado de preservación. No obstante, tampoco hay acá un sistema de ventilación establecido. Similar a lo que ocurre en la Biblioteca, la escasa circulación del aire se da gracias a que permanece “de par en par” la única ventana, con vista a la calle Cuenca.

Respecto a la disposición de los bienes documentales, es preciso acotar que en la sección de abajo suman seis los estantes –de 2x1x0.60 metros–, mientras en el altillo son siete. Unos u otros, indistintamente, dejan ver la preocupación por conservar folletos confeccionados, hace lustros, con los dos tipos de papel –artesanal e industrial, así como con pastas de pergamino. Han quedado protegidos por cajas de cartón corrugado y microcorrugado, en los colores café y blanco.

Si se mira hacia la cubierta o techo, como parte del decorado resalta una lámpara colgante en el centro. Tal elemento lleva de inmediato a evaluar la iluminación, que puede calificarse de deficiente aunque, semejante a lo

realizado en el otro local, se hayan instalado acá luminarias nuevas y las paredes exhiban pintura blanca.

Al analizar lo referente al biodeterioro, salió a relucir que para evitarlo o contrarrestarlo al interior del Archivo, se aplica una técnica bien peculiar: la colocación de clavo de olor en cantidades considerables por varias zonas del lugar. De acuerdo con las declaraciones ofrecidas por el encargado, lo curioso radica en que el fuerte aroma aleja a ciertos organismos y microorganismos patógenos.

4.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Para la realización del experimento se realizaron tres muestreos en diferentes fechas. Los dos primeros correspondieron al análisis de superficie en la biblioteca y el archivo el 14 de enero y 23 de febrero respectivamente, mientras que el último análisis fue el de ambiente en ambos lugares el 24 de marzo, todos en el 2015.

4.2.1. BIBLIOTECA Y ARCHIVO DEL CCOFQ ANÁLISIS DE AMBIENTE

Como se ha expuesto con anterioridad para realizar un análisis de las bacterias presentes en el ambiente, se requiere que se expresen los resultados en UFC/m³, esto significa Unidades Formadoras de Colonias/m³. Para ello se siguió la norma 299, denominada “Método para el recuento de bacterias y hongos en aire”, donde se expone la siguiente fórmula para el cálculo de la concentración:

$$n^{\circ}ufc/m^3 = \frac{NC*1000}{30*NU} \quad (2)$$

Dónde:

$n^{\circ}ufc/m^3$: concentración de microorganismos por m³ (UFC/ m³).

NC: Número de colonias por placa.

NU: número de unidades de tiempo empleadas en el muestreo.

En función de lo expuesto anteriormente se realizó el cálculo de la concentración en el ambiente de la biblioteca y del archivo. Siendo válido aclarar que en las muestras del archivo a pesar de aplicar la metodología expuesta, con las condiciones óptimas, no existió formación de colonias ni multiplicación de microorganismos. En la tabla 11 se describen las concentraciones por metro cúbico de aire:

Tabla 11. Concentraciones de bacterias mediante el Método de Sedimentación en la Biblioteca y Archivo del CCOFQ.

Sector	# de placas	UFC/m ³	Máximos y mínimos UFC/m ³
Biblioteca	1	33,3	11,1- 511,1
	2	11,1	
	3	11,1	
	4	11,1	
	5	511,1	
	6	11,1	
	7	22,2	
	8	188,9	
Archivo	No hubo crecimiento		

Como se puede apreciar en la biblioteca se obtiene un valor elevado de 511,1 UFC/m³, al compararlo con los valores de referencia ya expuestos anteriormente en el capítulo de metodología, definidos por la Comisión de Comunidades Europeas (CEC), se puede concluir que el resultado refleja un nivel de contaminación alto cuyo rango oscila entre (2000 UFC/m³<500 UFC/m³).

Como consecuencia de los resultados obtenidos fue necesario identificar los microorganismos detectados en el ambiente de la biblioteca. Pero antes de exponer estos hallazgos se examinaron los parámetros microambientales de

ambos ambientes analizados, como factores importantes a tomar en cuenta en la presente investigación (Ver tabla 12).

Tabla 12. Parámetros medioambientales de la Biblioteca y el Archivo del CCOFQ.

Sector	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)	*Valores de Referencia
Biblioteca Arriba	19	41,2	
Biblioteca Abajo	19	40,6	
Promedio	19	40,9	T= 21°C HR= 30-50%
Archivo Arriba	19,8	43,65	
Archivo Abajo	19,7	42,7	
Promedio	19.75	43,18	

* Según establece la Biblioteca Nacional de Venezuela en el Manual de preservación de bibliotecas y archivos del Northeast Document Conservation Center (2002).

Según datos de la tabla 12 en la Biblioteca, las mediciones de temperatura presentaron un promedio de 19°C y en el Archivo ligeramente tuvo un incremento a 19,75 °C. Mientras que la humedad relativa en la Biblioteca mostró un promedio de 40,9 %, en el archivo fue de 43,18 %. Al realizar una comparación con los valores de referencia de la Biblioteca de Venezuela (2002) se constata que estos son inferiores, encontrándose casi en los límites, concluyendo que de forma general las condiciones medioambientales no son del todo favorables para la multiplicación de bacterias.

4.2.1.1. Caracterización microbiana de géneros bacterianos aislados del aire interior en ambas áreas de estudio

Mediante la metodología de Bergeys se detectaron solamente, 2 Cocos Gram (+), 1 Bacilo Gram (+) y 5 Bacilos Gram (-), mostrando estos últimos la mayor presencia en la biblioteca.

Los géneros identificados fueron el *Vibrios spp* y/o *Aeromonas spp* con un 62,5%, el *Staphylococcus spp* con un 25 % y finalmente el *Bacillus spp* con un 12,5%, tal y como muestra la Figura 10 y el Anexo VI.

El género de mayor frecuencia fue el *Vibrios spp* y/o *Aeromonas spp*, a diferencia de otras investigaciones donde la presencia de esta bacteria se ha encontrado en menor medida o no se ha identificado. Mientras que el *Staphylococcus spp* y el *Bacillus spp* que se encontraron con menor presencia en la Biblioteca, sí son coincidentes con investigaciones precedentes (Borrego et al. (2011),Tolozá et al.(2012), Tolozá & Lisarazo(2013), Morales(2015).

Tabla 13. Identificación de bacterias en la Biblioteca del CCOFQ

Tipos de Bacterias	Total	Género de Bacterias	Total
Bacilos Gram (+)	1	<i>Bacillus spp</i>	1
Cocos gram (+)	2	<i>Staphylococcus spp</i>	2
Bacilos Gram (-)	5	<i>Vibrios spp</i> y/o <i>Aeromonas spp</i>	5

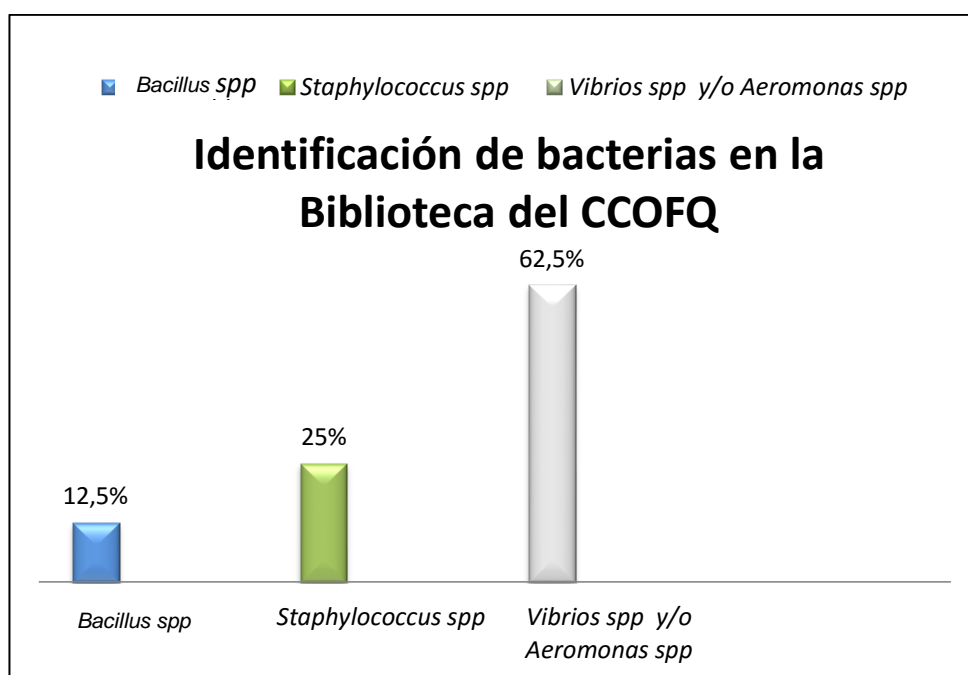


Figura 10. Identificación de bacterias en la Biblioteca del CCOFQ.

4.2.2. BIBLIOTECA Y ARCHIVO DEL CCOFQ ANÁLISIS DE SUPERFICIE

En lo concerniente al análisis de superficie se trabajó de forma diferente tanto en la Biblioteca como el Archivo, pues mostraban condiciones disímiles, por lo que el tratamiento fue diferenciado. La cantidad de libros en la Biblioteca era superior al del Archivo, mientras que en este último los ejemplares se encontraban mayormente resguardados en cajas.

4.2.2.1. Resultados de análisis de superficie de la Biblioteca del CCOFQ

Para proceder con el análisis de los acervos bibliográficos primeramente se seleccionó la muestra con la cual trabajar.

Para ello se determinó la población, constituyendo “cualquier conjunto de elementos que tengan una o más propiedades en común definidas por el investigador y que puede ser desde toda la realidad, hasta un grupo muy reducido de fenómenos” (Hernández & Coello, 2011, p. 50).

Para la presente investigación la población se conformó por todos los bienes documentales de la Biblioteca. A continuación se define el cálculo de la muestra:

Poblaciones finitas con N conocidas

$$n = \frac{N * \sigma^2 * (Z_{\alpha/2})^2}{\sigma^2 * (Z_{\alpha/2})^2 + (N-1) * e^2} \quad (3)$$

Donde:

n: tamaño de muestra

N: tamaño de la población

σ : desviación estándar de la población que cuando no se tiene suele usarse 0,5.

$Z_{\alpha/2}$: Valor obtenido mediante niveles de confianza (0,95; 0,90 o 0,99) a los cuales corresponden valores obtenidos en las tablas de la distribución normal (1,96; 1,645; 2,58).

e: Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse los valores 1% (0,01), 5% (0,05) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del investigador.

El nivel de confianza que se utilizará = 0,99 por tanto $Z_{\alpha/2}=2,58$ (Tabla de la Distribución Normal).

$$\sigma=0,5$$

$$e= 0,09$$

$$n= \frac{14000*0,5^2*2,58^2}{0,5^2*2,58^2 +(14000-1)*0,009^2}$$

$$n= 204$$

Entonces el tamaño de muestra para esta investigación será de 204. La cual se dividió entre la cantidad de acervos para que todos estuvieran representados en el estudio: 87 muestras para papel artesanal, 23 muestras de papel pergamino y 94 muestras de papel industrial.

El proceso de muestreo se llevó a cabo en dos momentos diferentes, el 23 de febrero y 24 de marzo de 2015, con la intención de comparar los parámetros medioambientales, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 14. Parámetros medioambientales de la Biblioteca en el análisis de superficie.

Sector	Medición 23/02/2015 Temperatura °C	Medición 24/03/2015 Temperatura °C	Medición 23/02/2015 Humedad Relativa (%)	Medición 24/03/2015 Humedad Relativa (%)	*Valores de Referencia
Biblioteca Arriba	18,4	19	46,8	41,2	T= 21°C HR= 30- 50%
Biblioteca Abajo	18,4	19	46,8	41,2	
Promedio	18,4	19	46,8	41,2	
Promedio total	18,7		44		

* Según establece la Biblioteca Nacional de Venezuela en el Manual de preservación de bibliotecas y archivos del Northeast Document Conservation Center (2002).

Como se observa en la tabla 14, el segundo día de medición hubo una temperatura ligeramente superior al día 23 de febrero, sin embargo la humedad relativa del día 24 de marzo, disminuyó considerablemente respecto a la primera medición, la variación de estos resultados se debe al tiempo de ventilación en los lugares y nubosidad del día.

De forma general en todos los acervos bibliográficos se detectaron 22 Bacilos Gram (+), 15 Cocos Gram (+), 17 Bacilos Gram (-) y 11 Cocos Gram (-), tal como se muestra en la Tabla 15, exponiendo la frecuencia en porcentaje de los géneros identificados en la Figura 11 y el Anexo VI. Las bacterias Gram (+) predominaron con un 59,26% respecto a las bacterias Gram (-) aisladas. Con mayor presencia se encuentra *Vibrio spp-Aeromonas spp* con un 17%, le siguen *Corynebacterium spp* y *Megasphaera* con 13%, *Clostridium spp* y *Staphilococcus aureus* con un 11%, *Staphilococcus spp* y *Pseudomonas spp* con un 9%, *Bacilos spp* y *Mycobacterium smegmatis* con 7 y 6% respectivamente, mientras que los porcentajes más bajos lo tiene *Mycrooccus spp* y *Sintrophococcus spp* con 2% respectivamente. Las bacterias aisladas son coincidentes con investigaciones preliminares (Borrego et al. (2011),Tolozá et al.(2012), Tolozá & Lisarazo(2013), Morales(2015)), por lo que se demuestra la efectividad de la presente investigación, a su vez, permite realizar medidas preventivas y planes de mitigación ejecutados en otros estudios, bibliotecas y archivos debido a la similitud de bacterias aisladas.

Tabla 15. Identificación de tipo y género de bacterias en todos los soportes de la Biblioteca del CCOFQ

	Tipos de Bacterias	Total	Género de Bacterias	Total
	Gram (+) y (-)	54		
1	Bacilos Gram (+)	20	<i>Clostridium spp</i>	6
			<i>Bacilos spp</i>	4
			<i>Mycobacterium smegmatis</i>	3
			<i>Corynebacterium spp</i>	7
2	Cocos Gram (+)	12	<i>Staphilococcus aureus</i>	6
			<i>Staphilococcus spp</i>	5
			<i>Mycrococcus spp</i>	1
3	Bacilos Gram (-)	14	<i>Psuodomonas spp</i>	5
			<i>Vibrio spp; Aeromonas spp</i>	9
4	Cocos Gram (-)	8	<i>Megasphoera</i>	7
			<i>Sintrophococcus</i>	1

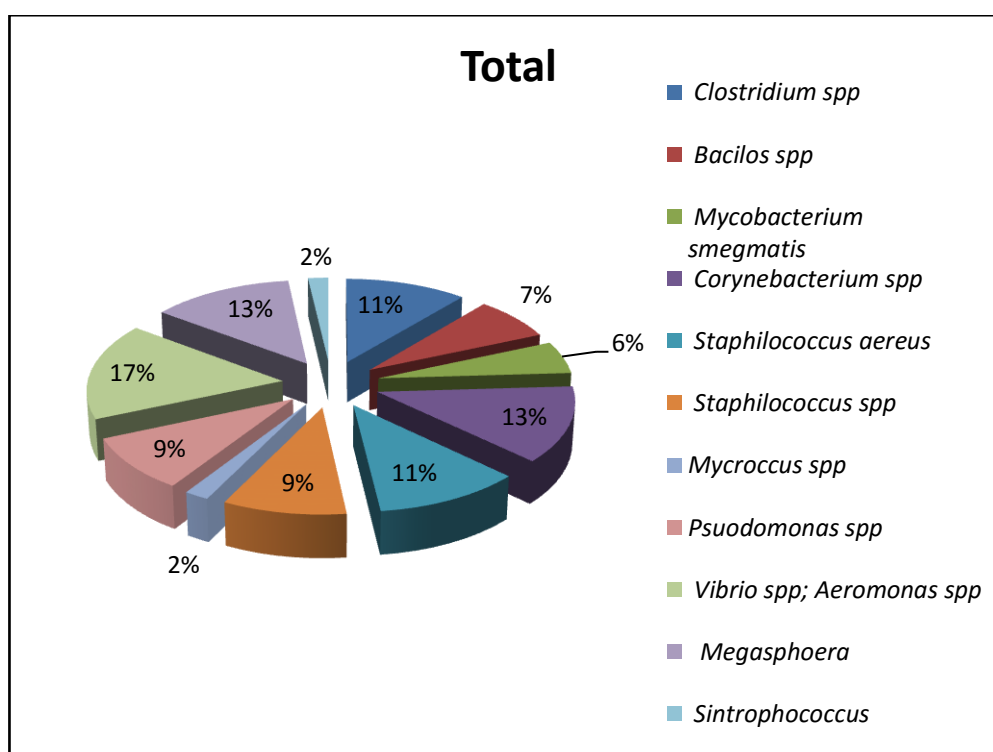


Figura 11. Identificación de bacterias en la Biblioteca del CCOFQ.

Ahora se mostrarán los resultados por cada tipo de acervo documental.

Respecto al análisis de las muestras de papel industrial indica la presencia de 10 géneros bacterianos, tal como muestra la Figura 12. Encabezando la lista se encuentra *Vibrio spp-Aeromonas spp* con un 21%, le siguen con iguales valores de 14% *Staphilococcus spp* y *Megasphoera spp*. De igual forma con un 11 % se encuentran el *Staphilococcus aereus* y *Clostridium spp*, con un 7% la *Pseudomonas spp*, con menor presencia encontramos a *Mycobacterium smegmatis* y *Sintrophococcus spp* con un 4%, teniendo el valor más bajo el bacilos spp con solo el 3%.

Aplicando la metodología antes expuesta, se determinó la concentración de unidades formadoras de colonia/centímetro cuadrado de superficie hisopada siendo en el primer muestreo de 0,74 UFC/cm² y en el segundo muestreo de 3,16 UFC/cm², como se puede apreciar el último valor es superior, lo cual puede estar dado porque en el segundo momento de muestreo la cantidad de libros fue superior, no obstante las unidades formadoras de colonias también fue mucho más elevada.

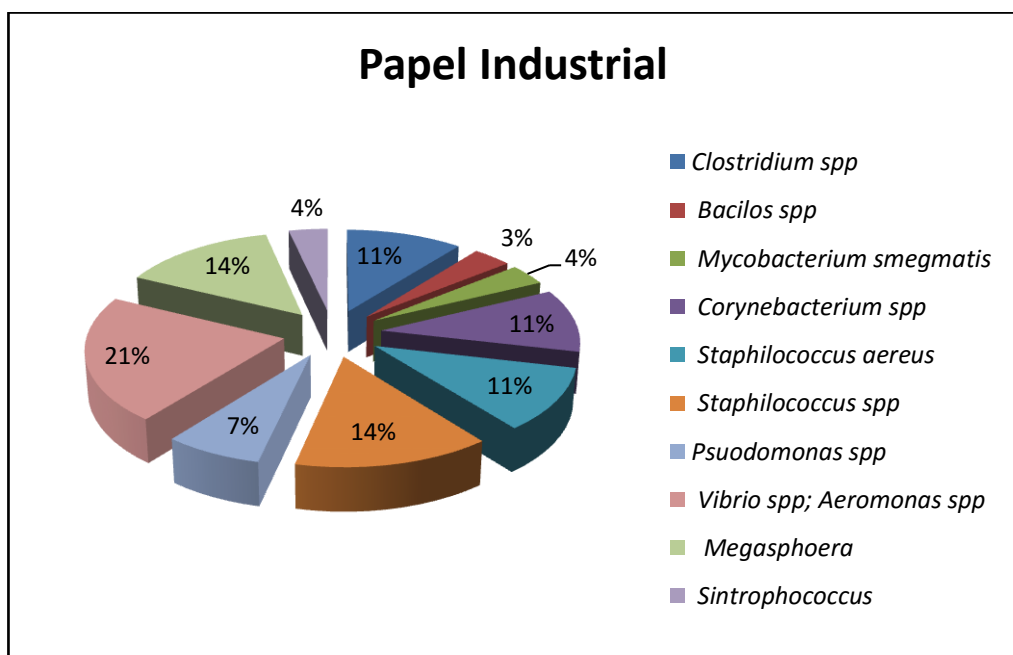


Figura 12. Identificación de bacterias en soporte papel industrial en la Biblioteca del CCOFQ.

Referente al papel pergamino (Ver Figura 13) los resultados muestran mayor presencia de *Clostridium spp* con un 16%, con similares valores (15%) se encuentran *Bacilos spp*, *Mycobacterium smegmatis*, *Corynebacterium spp* y *Psuodomonas spp*. Mientras que los menores valores con un 8% lo mostraron *Mycrooccus spp*, *Psuodomonas spp* y *Vibrio spp*; *Aeromonas spp*.

En lo que se refiere a la concentración de unidades formadoras de colonia/centímetro cuadrado de superficie hisopada, los valores fueron: 0,69 y 14,8 UFC/cm², primer y segundo momento del muestreo respectivamente. El papel pergamino obtuvo la mayor concentración de unidades formadoras de colonia/centímetro cuadrado de superficie hisopada.

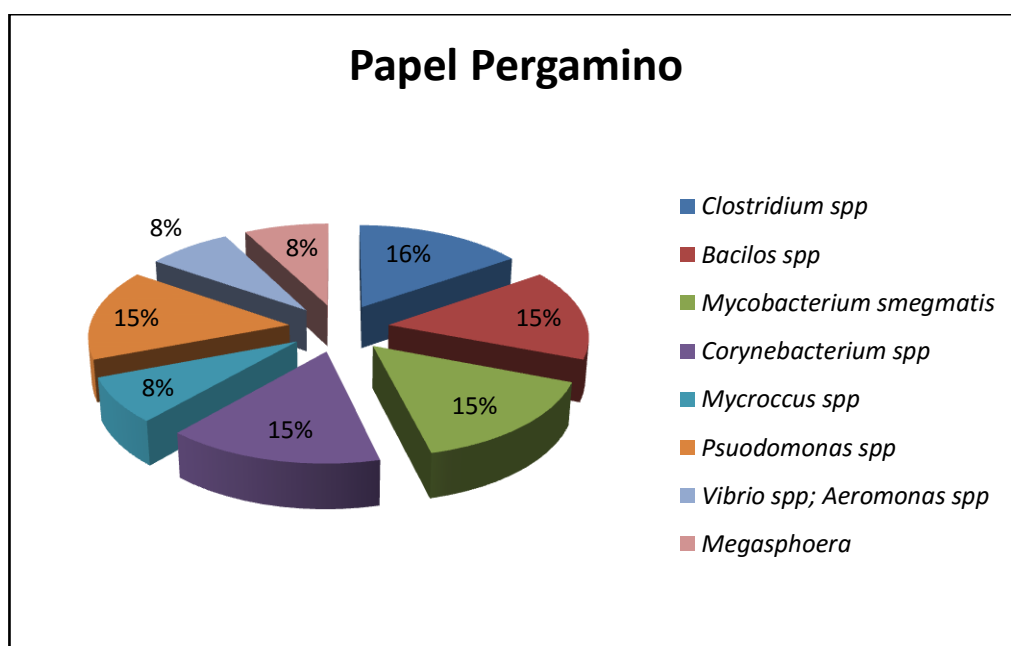


Figura 13. Identificación de bacterias en soporte papel pergamino en la Biblioteca del CCOFQ.

Por último pero no menos importante se encuentran los resultados de las muestras de papel artesanal mostrados en la Figura 14, donde el mayor porcentaje lo representa el *Staphilococcus aereus* con un 26%, le sigue estadísticamente con 15% los géneros *Corynebacterium spp*, *Vibrio spp*; *Aeromonas spp* y *Megasphoera* con un 15%, siendo los valores más bajos los de *Clostridium spp*, *Bacilos spp*, *Staphilococcus spp* y *Psuodomonas spp* con un 8%.

En este caso los valores de la concentración de unidades formadoras de colonia/centímetro cuadrado de superficie hisopada, fueron: 0,62 y 1,0 UFC/cm², respectivamente.

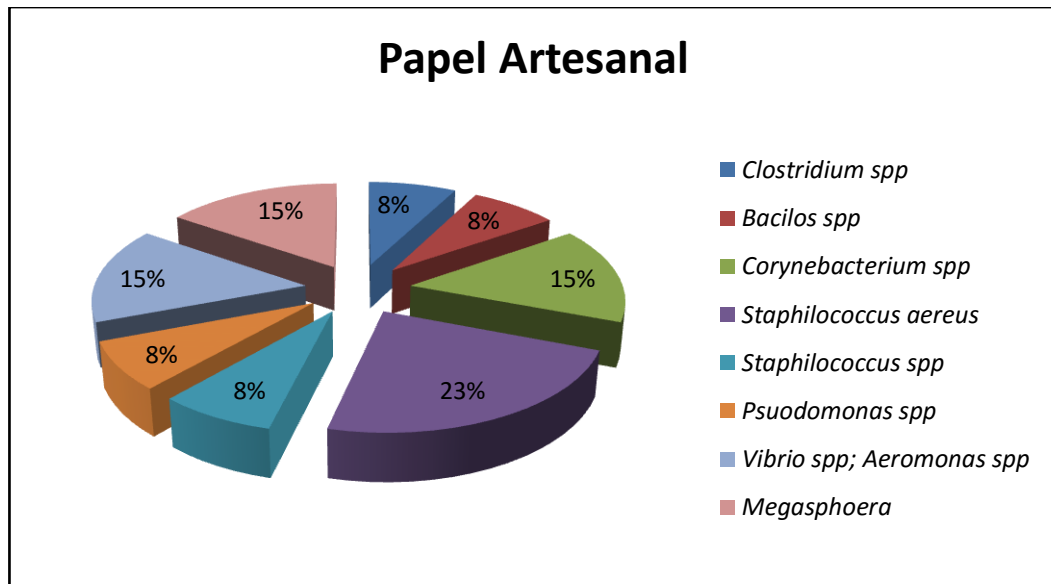


Figura 14. Identificación de bacterias en soporte papel artesanal en la Biblioteca del CCOFQ.

4.2.2.2. Resultados de análisis de superficie del Archivo del CCOFQ

El análisis realizado en el archivo arrojó un resultado bajo de concentración de unidades formadoras de colonia/centímetro cuadrado de superficie hisopada siendo de 0,7 UFC/cm².

Los parámetros medioambientales del Archivo se muestran en la Tabla 16, donde se indica que la temperatura promedio es de 19,55 °C y la HR 44,11 %, encontrándose estos valores dentro de los referenciales para no contribuir al biodeterioro por causas físicas.

Las variaciones entre el archivo y biblioteca se dan por las entradas de aire, el archivo tiene una sola ventana, mientras que la biblioteca tiene 9 ventanas que abarcan mayor ventilación.

Tabla 16. Parámetros medioambientales del Archivo en el análisis de superficie.

Sector	Medición 23/02/2015 Temperatura °C	Medición 24/03/2015 Temperatura °C	Medición 23/02/2015 Humedad Relativa (%)	Medición 24/03/2015 Humedad Relativa (%)	*Valores de Referencia
Archivo Arriba	19,3	19,8	44,56	43,65	T= 21°C HR= 30- 50%
Archivo Abajo	19,3	19,8	44,56	43,65	
Promedio	19,3	19,8	44,56	43,65	
Promedio Total	19,55		44,11		

* Según establece la Biblioteca Nacional de Venezuela en el Manual de preservación de bibliotecas y archivos del Northeast Document Conservation Center (2002).

Los géneros identificados en el archivo, según Figura 15, en primer orden se encuentran la *Corynebacterium spp* con un 19%, le sigue la *Pseudomonas spp*, el *Staphilococcus spp* y la *Megasphaera* con un 18%, finalmente con iguales valores inferiores se encuentra el *Sintrophococcus*, *Staphilococcus aereus* y la *Vibrio spp-Aeromonas spp*.

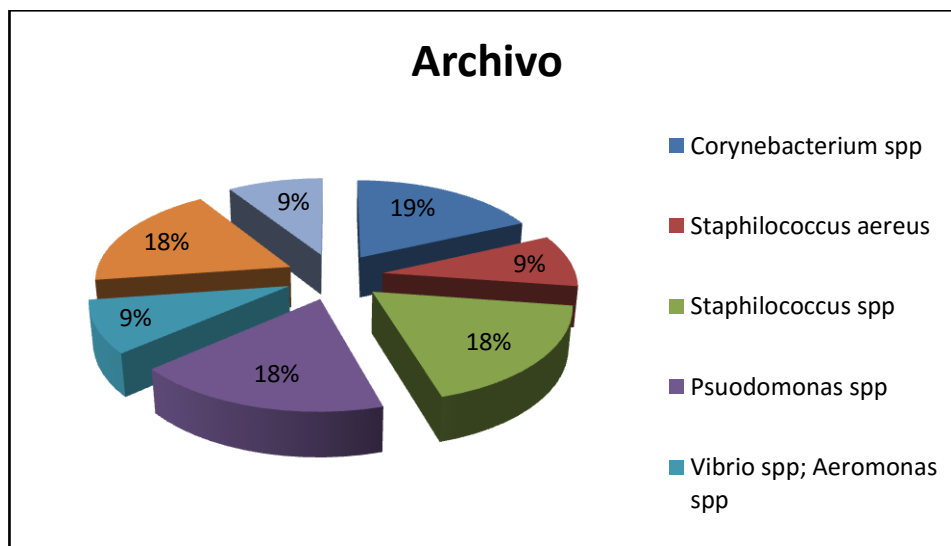


Figura 15. Identificación de bacterias en el Archivo de la Biblioteca del CCOFQ.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La concentración de unidades formadoras de colonias por metro cúbico fue de 511,1 UFC/m³, al compararlo con los valores de referencia de la Comisión de Comunidades Europeas (CEC), se puede concluir que el resultado refleja un nivel de contaminación alto.
- En el análisis de ambiente de la Biblioteca predominaron el *Vibrios spp.* y/o *Aeromonas spp.* y *Staphylococcus spp.*, los cuales son responsables de enfermedades al ser humano y a su vez, se han encontrado en otros estudios relacionados con el biodeterioro de bienes documentales. No hubo crecimiento en el Archivo debido a que los bienes se encontraron en mejores condiciones.
- Las condiciones de la Biblioteca no son las más óptimas, no existe un proceso de organización, mantenimiento y limpieza de los acervos bibliográficos. Sin embargo el Archivo se encuentra en mejores condiciones para el cuidado de los bienes, ya que estos se encuentran clasificados y ordenados.
- En el análisis de superficie tanto en la Biblioteca como en el Archivo, las Bacterias Gram (+) (*Bacillus*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*) predominaron con un 56,93% respecto a las Bacterias Gram (-) (*Vibrios*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*) aisladas.
- Se determinó la concentración de unidades formadoras de colonia/centímetro cuadrado de superficie hisopada en los tres tipos de soporte en los dos momentos del muestreo. En el caso del soporte papel industrial arrojó un valor de 0,74 UFC/cm² y en el segundo muestreo de

3,16 UFC/cm². Respecto al papel pergamino los valores fueron de: 0,69 y 14,8 UFC/cm², primer y segundo momento del muestreo respectivamente. Por último el papel artesanal presentó valores de 0,62 y 1,0 UFC/cm². Siendo el papel pergamino quien obtuvo la mayor concentración de unidades formadoras de colonia/centímetro cuadrado de superficie hisopada.

- Los resultados del muestreo de bienes documentales en la Biblioteca y Archivo arrojó un número de unidades formadoras de colonias igual a 975, identificándose 11 géneros de bacterias, siendo las de mayor presencia *Vibrios spp* y/o *Aeromonas spp*, *Corynebacterium spp*, *Megasphoera*, *Clostridium spp* y *Staphilococcus aereus*, la mayoría está asociada a enfermedades respiratorias, enfermedades sistémicas oportunistas en pacientes inmunodeprimidos, enfermedades diarreicas en individuos por lo demás sanos e Infecciones en heridas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Socializar los resultados de la investigación con los directivos y trabajadores del CCOFQ para que se adopten las medidas necesarias de mejoras de las condiciones físicas tanto de la Biblioteca como del archivo, contribuyendo a la preservación de los bienes.
- Identificar las especies de bacterias que fueron encontradas en el estudio, mediante un proceso de investigación con microbiología molecular, con la finalidad de definir las patologías que pueden provocar dada su permanencia en el ambiente y en los acervos bibliográficos.
- Establecer planes de capacitación a los bibliotecarios y personas que cuidan de los acervos bibliográficos, sobre seguridad y riesgos en el

trabajo, así como de manipulación y conservación de los bienes documentales.

6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Ada Luz Manrique Hernández, M. C. (2005). Estudio del microbiodeterioro del fondo documental. *Conservamos*, 20-35.

Agentes bióticos del deterioro en materiales de biblioteca. (s.f.). *Conservamos*, 25-33.

Alexopoulos, J. (1966). *Introducción a la micología*. Buenos Aires: Editorial Universitaria.

Arce, M. (junio de 2000). *Archivo Nacional*. Recuperado el 25 de octubre de 2015, de *Archivo Nacional*: <http://www.archivonacional.go.cr/memorias/2000/06.pdf>

Azbil Telstar. (2013). *Telstar Life Science Solution*. Obtenido de <http://www.telstar-lifesciences.com/Tecnolog%C3%ADas/Sistemas%20de%20Flujo%20Laminar/Cabinas%20de%20Flujo%20Laminar/Verticales/V30/70.htm?language=es>

Borrego, S., Perdomo, I., De la Paz, J., Gómez de Saravia, S., & Guiamet, P. (2011). Revelamiento microbiológico del aire y de materiales almacenados en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista del Museo de La Plata*, 1-18.

Calvo, A. (1997). *Conservación y restauración. Materiales, técnicas y procedimientos*. De la A a la Z. Barcelona: Ed. Serval.

Caneva, G., Nugari, M., & Salvadori, O. (2000). *La biología en la restauración*. Ed. Nerea.

Cartwright, M. (1958). *Decay of timber and its prevention*. London: HerMajesty`s Stationery Office.

- Chamorro, Y. B. (2015). Identificación microbiológica básica de los hongos presentes en el ambiente y en los bienes documentales del Archivo y Biblioteca del Conjunto Conventual de la Orden Franciscana, Quito. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales . Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial (Tesis de pregrado).
- Commission of the European Communities. (1993). Biological Particles in Indoor Environments. European Collaborative Action - Indoor Air Quality & Its Impact on Man(Reporte 12), 22-34.
- Covadonga, A., de Silóniz, M., & I Serrano, S. (2010). Revista Reduca. Obtenido de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/819/834>
- Cruz, C. A. (2011). Caracterización parcial de una proteasa alcalina a partir de hongos filamentosos implicados en el deterioro de documentos históricos. Colombia: Universidad Nacional de Colombia (Tesis de posgrado).
- Cunha, G. M. (1988). Métodos de evaluación para determinar las necesidades de conservación en bibliotecas y archivos: un estudio del RAMP con recomendaciones prácticas. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. París: Programa General de Información y UNISIST.
- Deisy Toloza Moreno, L. L. (2012). Concentración y composición microbiológica en el ambiente de la Biblioteca Central Jorge Palacios Preciado. Actual Biol, 241-252.
- Del Egado, M., Villaescuerna, P., & Hidalgo Brinquis, C. (2005). Prevención del biodeterioro en archivos y bibliotecas. Bienes culturales: Revista del Instituto del Patrimonio Histórico Español(5), 1-48.
- Del Pozo, C., & Parra, P. (1984). Durabilidad natural. Análisis de algunos factores establecidos en la norma americana (ASTM) y en la norma

británica (BS). Santiago de Chile: Universidad de Chile (Tesis de pregrado).

Donoso, J., & González, J. (1999). Influence of ecological factors in the behavior of white decay fungi (53 ed., Vol. 1). Rotorua, New Zeland: APPITA Annual General Conference.

Dornieden, T., Gorb ushina, A., & Krumbein , W. (2000). Biodecay of cultural heritage as a space/time-related ecological situation — an evaluation of a series of studies. *International Biodeterioration & Biodegradation*(46), 261-270.

Eslyn, W., & Clark, J. (1979). Wood bridges. Decay Inspection and Control (Vol. 557). U.S.: Dep. Agric. Handb.

Figueroa, Y. (8 de Noviembre de 2011). Microbiología. Obtenido de Microbiología:
<http://yaninafigueroa.blogspot.com/2011/11/reproduccio-y-crecimiento-de-las.html>

Findlay, W. (1967). Timber pests and Diseases (1ra ed.). London, England: Pergamon Press.

García Murillo, S., & Martín Pérez, A. (1996). Los organismos vivos como factores que contribuyen activamente al deterioro de nuestros monumentos. PH. *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*(14), 57-66.

García, L. D. (2014). Conservación de materiales. Oaxaca-México: Universidad Autónoma Benito Juárez.

García, R., & Valentín , N. (1999). El biodeterioro en el Museo. La conservación del patrimonio artístico. *Arbor*, 85-107.

García, V. N. (1999). El biodeterioro en el museo. *Arbor*, 85-107.

- Gómez, M., Echenique, R., & Salinas, R. (1969). Índices de laboratorio sobre resistencia de la madera a la pudrición en once especies forestales mexicanas. *Boletín Técnico*, 40.
- González, J., & Donoso, J. (1999). *Biopulping in Radiata pine and Eucalyptus globulus*. Sao Paulo, Brasil: ABTCP.
- Guiamet, P., Lavin, P., Battistioni, P., Borrego, S., & Gómez de Sarabia, S. (s.f.). *Estudios de biodeterioro en acervo documental*. La Plata-La Habana: Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) y Archivo Nacional de la República de Cuba.
- Hernández, N. (2015). *Microbiología*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2015, de <http://microbiologiabellaypoderosa.blogspot.com>
- Highley, T. (1999). *Biodeterioration of Wood*. Forest Products Laboratory. *Wood handbook - Wood as an engineering material*. Department of Agriculture, Forest Service, Madison, WI.
- Hunt, G., & Garrat, G. (1962). *Preservación de la madera*. Barcelona, Madrid: Salvat editores, S.A.
- Jiménez, F. P. (2007). *Procesos de biodeterioro en pinturas sobre lienzo del Museo de Bellas Artes de Granada: examen visual y gráfico*. Granada: Editorial de la Universidad de Granada (Tesis doctoral).
- Kuhad, R., Singh, A., & Eriksson, K. (1997). *Biotechnology in the Pulp and Paper Industry, Microorganisms and their Enzymes Involved in the Degradation of Plant Fiber Cell Walls*.
- Lansing Prescott, J. H. (2002). *Microbiología (5a)*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Libby, C. (1967). *Ciencia Y Tecnología sobre pulpa y papel (Vol. I: Pulpa)*. Mc Graw-Hill Co.Inc.
- Lizarazo Forero, L., Toloza Moreno, D., & Blanco Valbuena, J. (2010). *Concentración y composición microbiana en el ambiente de la*

Biblioteca Central Jorge Palacios Preciado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. *Actual Biol*, 97(34), 241-252.

Manuzio, A. (Marzo de 2015). Encuadernaciones en el patrimonio documental. Recuperado el 23 de Noviembre de 2015, de <https://encuadernacionpdm.wordpress.com/2015/03/16/comedores-de-patrimonio-documental/>

Mateus, J., Peña, D., Peña, G., Rojas, A., Rojas, J., Zambrano, S., Santander, M. (10 de mayo de 2001). Seguimiento y control de biodeterioro en documentos de interés histórico en el Archivo General de la Nación. *Universitas Scientiarum: Revista de la Facultad de Ciencias*, 9(1), 37-46.

Mateus, L. G. (20 de enero de 2013). Archivos Bogotá. Obtenido de Archivos Bogotá: <http://www.archivobogota.gov.co/deterioros>

Matteini , M., & Moles, A. (2001). *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Ed. Nerea.

Méndez Rodríguez, I., Calixto, O., Becerra Cuervo, W., Vásquez, J., Bravo Ojeda, J., & Pachón Barinas, D. (enero-junio de 2012). Microorganismos presentes en fondoscopios, manos, cavidad oral y nasal de estudiantes de una Facultad de Medicina. *Revista Med*, 20(1), 90-100.

Menguiano Chaparro, V., Pérez Castiñeira, J., & Sameño Puerto, M. (octubre de 2013). Estudio de microorganismos causantes de biodeterioro mediante técnicas de biología molecular en el IAPH. *Revista PH*(84), 174-187.

Miras, M. d. (2011). *Identificación y caracterización de comunidades microbianas presentes en pinturas sobre lienzo. Estudio de su capacidad como agentes de biodeterioro*. Granada: Editorial de la Universidad de Granada (Tesis doctoral).

- Monroy Rodríguez, S., & Sánchez González, A. (2007). Implementación de medidas de conservación y estabilización del fondo fotográfico Consejo Mexicano de Mujeres Israelitas del Centro de Documentación e Investigación en la comunidad de Ashkenazí. México: Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía (Tesis de pregrado).
- Morales, A. F. (2007). La cerámica arquitectónica: su conservación y restauración. Sevilla: Pinello Torres Gráficos.
- Morales, R. V. (2015). *Estudio de las condiciones de trabajo en el sistema de bibliotecas de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Quito, y la exposición a hongos y bacterias*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial (Tesis de posgrado).
- Munguía, A. C. (2008). Medidas preventivas para la preservación de la información en materiales impresos. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Bibliotecología. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México (Tesis de pregrado).
- Nieves, V. (2000). Arbor. Análisis de Biodeterioro. Infestaciones y su erradicación, 175-184.
- Núñez, L. K. (2004). Estudio del biodeterioro en madera de *Eucalyptus globulus* Lab. por método gravimétrico. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales (Tesis de pregrado).
- Olympus Latinoamérica. (15 de Diciembre de 2015). Olympus, your vision our future. Obtenido de http://www.olympuslatinoamerica.com/spanish/seg/seg_product_detail_esp.asp?g=904&s=11&c=53&d=2
- Paola, L., De la Paz Diulio, M., Gómez, A., Gómez de Saravia, S., & Guiamet, P. (2012). Calidad del ambiente en archivos y biodeterioro de soportes documentales. Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Departamento de Química, Facultad

de Ciencias Exactas, UNLP, CCT La Plata- CONICET. C.C. La Plata:
7mo. Congreso de Medio Ambiente AUGM.

Pérez. (2008). Patrimonio documental: fondos institucionales. México.

Pírez, M., & Mota, M. (s.f.). Morfología y estructura bacteriana. Temas de bacterología y virología médica, 23-42.

Prescott, L., Harley, J., & Klein, D. (s.f.). Microbiología (Quinta ed.). Navarra: Mc Graw Hill.

Ramírez, C. A. (2011). Caracterización parcial de una proteasa alcalina a partir de hongos filamentosos implicados en el deterioro de documentos históricos. Bogotá-Colombia: Kimpres.

Ramírez, M. (2001). Detección de la pudrición central en trozas de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl.) Krasser) mediante técnicas ultrasónicas. Santiago de Chile: Universidad de Chile (Tesis de pregrado).

Real Academia Española. (2015). Real Academia Española. Recuperado el 5 de noviembre de 2015, de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=KaXUUZz>

Recor. (2015). Recor Dental y Quimedic. Obtenido de <http://recordq.com/tienda/balanza-de-laboratorio-600-g-0-1-g-2/>

Rodríguez Hernández, Y., Manso Fernández, E., Abreu Martín, N., González Valdivia, G., Martínez González, M., & González Salabarría, S. (2009). La conservación preventiva: una acción eficiente para combatir los agresores del patrimonio documental en los centros de información. *Gaceta Médica Espirituana*, 11(3), 1-6.

Sameño Puerto, M., & García Rowe, J. (s.f.). Biodeterioro. Alteración biológica de monumentos y obras de arte. *Boletín Informativo*, 26-27.

- Sánchez, S. E. (2007). Implementación de medidas de conservación y protección del fondo fotográfico. México : Universitaria.
- Sequeda Castañeda, L., Ortiz Ardila, A., Correa Cuadros, J., & López Pérez, C. (2013). Chemical and microbiological comparison of biodeterioration in Colombian heritage constructions. *Universitas Scientiarum*, 18(1), 51-63.
- Seves , A., Romano , H., Scilione , G., Maifreni , T., & Sora, S. (2000). Of microbes and art: The role of microbial communities in the degradation and protection of cultural heritage. A laboratory investigation of the microbial degradation of cultural heritage (ICMC), 121-133.
- Silva Sánchez, J., Garza Ramos, U., & Martínez Romero, E. (2009). Genética y genómica enfocadas en el estudio de la resistencia bacteriana. *Salud Pública de México*, 51(3), 439-446.
- Stegel, M., & Sisler, H. (1977). Antifungal compounds. Discovery development and uses (Vol. 1). New York: Senior Ed.
- Tales Castro, R., & Barbosa López, A. (2012). Enfoque químico del deterioro y biodeterioro de rocas calcáreas conformantes de monumentos patrimoniales de importancia histórica y cultural.
- Tolosa, D., & Lizarazo, L. (2013). Calidad microbiológica del ambiente de la Biblioteca Alfonso Patiño Rosselli, Tunja, Boyacá, Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 16, 43-52.
- Torres, H. (1971). Maderas. Santiago de Chile: Corporación Chilena de la Madera.
- Tuset, R., & Duran, F. (1986). Manual de maderas comerciales. Equipos y Procesos de utilización. Montevideo, Uruguay: Ed. Hemisferio Sur.
- Universidad de Granada. (2015). Prácticas de Microbiología. Obtenido de <http://www.pomif.com/pages/practicas/bacteriologia/tinciones/gram>

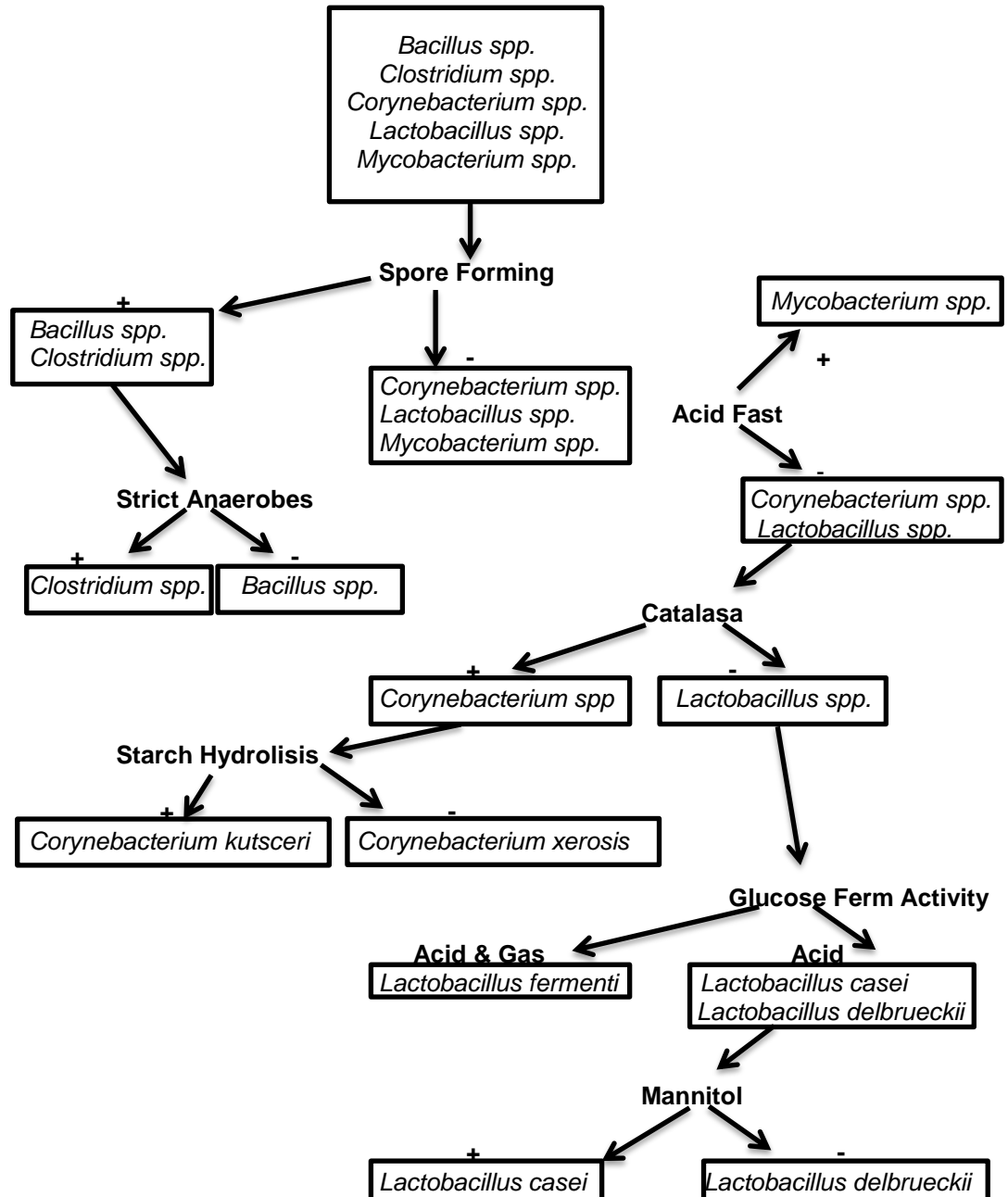
- Universidad de Michigan. (2015). Virtual Interactive Bacteriology Laboratory. Obtenido de http://learn.chm.msu.edu/vibl/content/oxidase/oxidase_test/index.html
- Urdagarín, C., & Izaga, J. (2014). Oficios Tradicionales. Recuperado el 25 de octubre de 2015, de <http://www.oficiostradicionales.net/es/>
- Valentín, N. (s.f.). Análisis de biodeterioro. Infestaciones y su erradicación. Unidad de Biodeterioro del IPHE.
- Valentín, N. (s.f.). Biodeterioro de archivos y museos. Conservación y prevención. 15. Madrid: Instituto Cultural de España.
- Villardique, A. (2005). La pintura sobre tela II. Alteraciones, materiales y tratamientos de restauración. San Sebastián: Ed. Nerea.
- Yamato Scientific Co. (2012). For the Development of Global Scientific Technologies. Obtenido de <http://www.yamato-scientific.com/product/sterilizer/sm200-510.htm>

7. ANEXOS

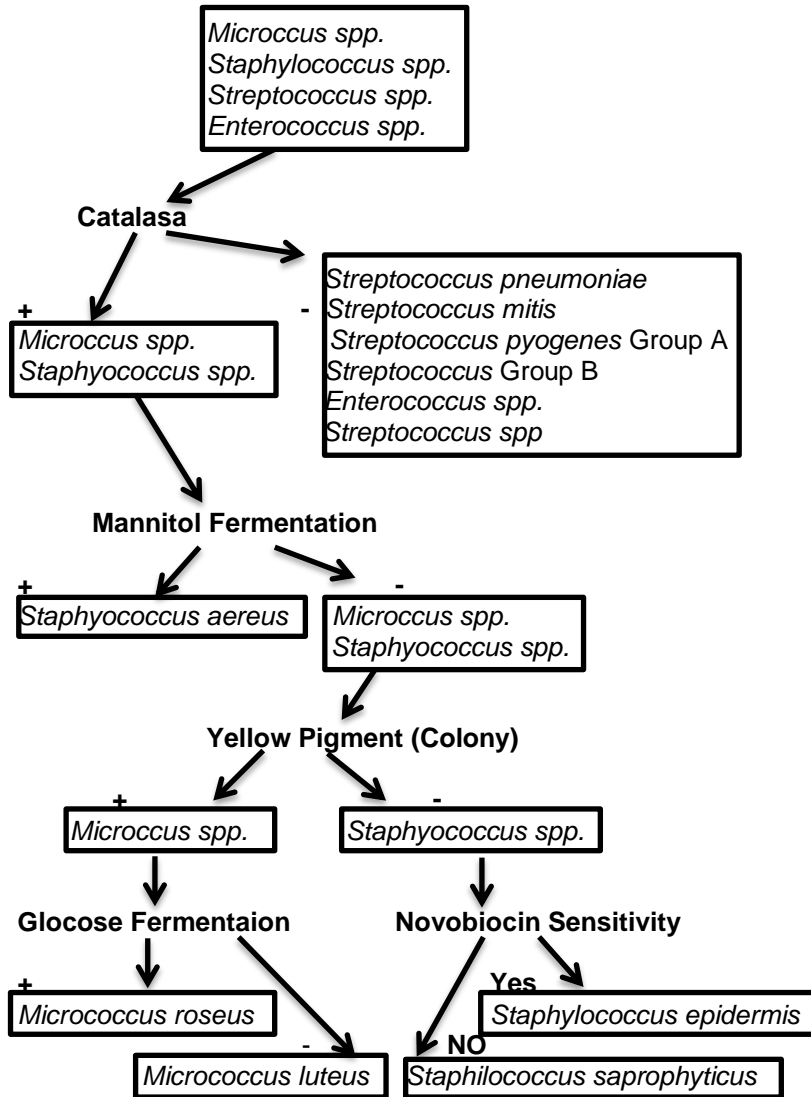
7. ANEXOS

Anexo I. Metodología Manual de Bergey

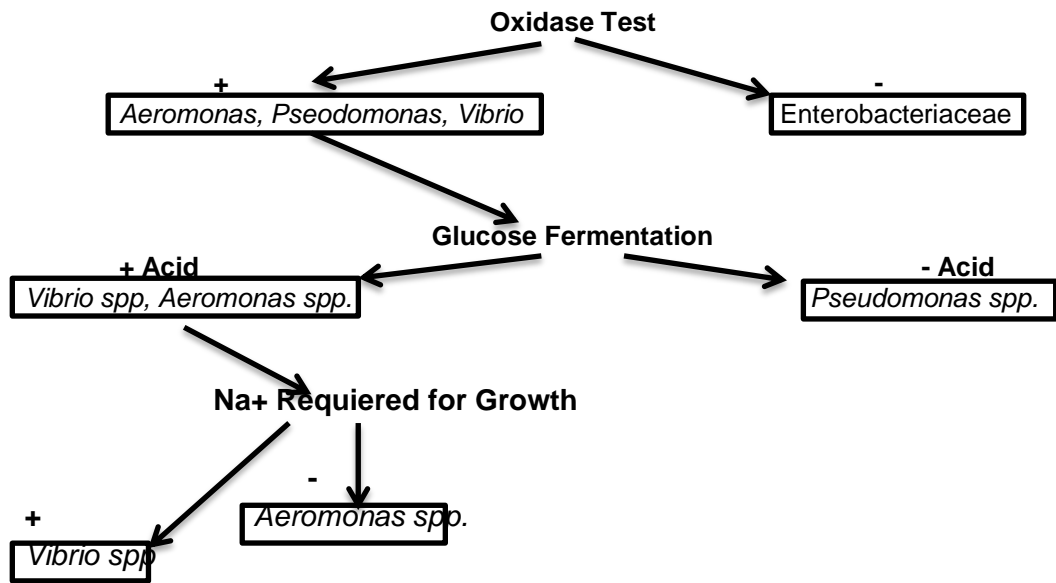
Gram Positive Rods ID Flowchart Gram Positive Rods



Gram Positive Cocci ID Flowchart Gram Positive Cocci



Gram Negative Rods



Anexo II. Cámara de flujo laminar



Anexo III. Autoclave automático



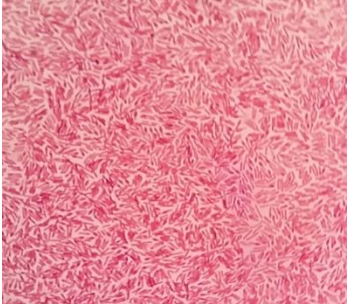
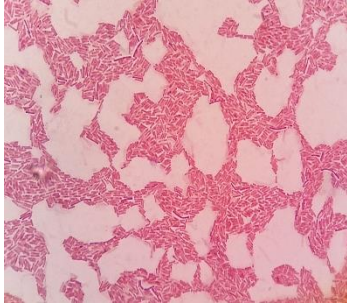
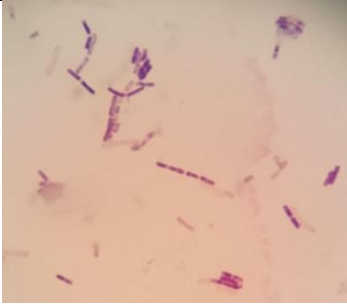
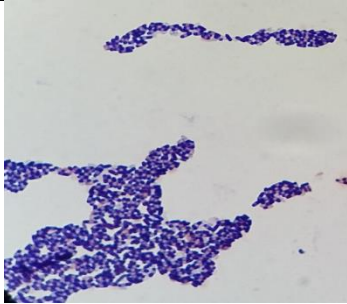

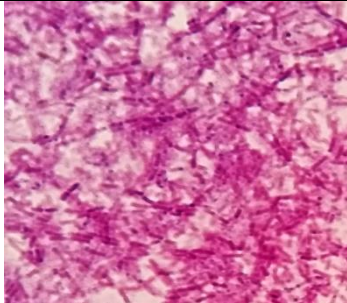
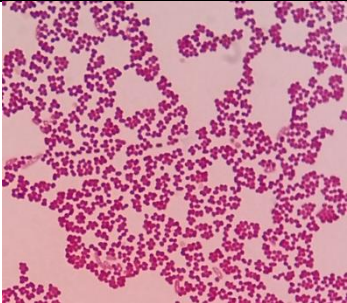

Anexo IV. Preparación de medios para pruebas bioquímicas

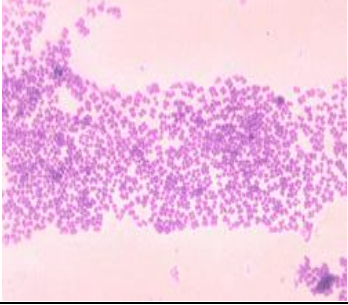

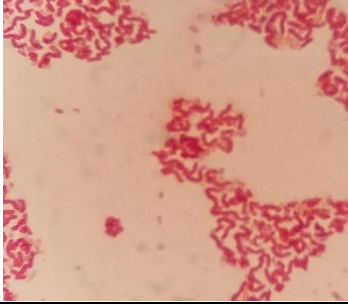


Anexo V. Resultados en pruebas bioquímicas



Anexo VI. Géneros de bacterias aislados e identificados en ambiente y superficie de la Biblioteca y Archivo del CCOFQ

	
<i>Vibrio spp aeromonas spp</i>	<i>Pseudomonas spp</i>
	
<i>Clostridium spp</i>	<i>Bacillus spp</i>
	
<i>Corynebacterium spp</i>	<i>Mycobacteriyum smegmatis</i>
	
<i>Staphylococcus spp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>

	
<p><i>Mycrooccus spp.</i></p>	<p><i>Megasphoera spp.</i></p>
	
<p><i>Sintrophococcus</i></p>	