



**a. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO**

**1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

Básica		Aplicada	x
--------	--	----------	---

**2. UNIDAD EJECUTORA** (*Departamento, Instituto o Estructura de Investigación*):

1. Departamento de Ciencias Nucleares – Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria
2. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural – Ecuador, en el marco del Convenio de Cooperación entre el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y la Escuela Politécnica Nacional, suscrito el 6 de julio de 2020.

**3. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

- Procesos de Oxidación Avanzada

**4. TÍTULO DEL PROYECTO** (*mínimo 10 palabras*):

Evaluación de los efectos de la radiación UV con fines de desinfección en documentos históricos ecuatorianos.

**5. RESUMEN** (*máximo 200 palabras*)

Esta investigación tiene por propósito estudiar la aplicación de la radiación UV en documentos históricos ecuatorianos fabricados con papel de trapos, de los siglos XVI, XVII y XVIII, que presenten indicios de biodeterioro, con el fin de desinfectarlos y de esta manera preservarlos por mayor tiempo. El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural se encargará de la selección de los mismos. Para establecer condiciones de irradiación efectivas para la reducción de microorganismos, sin provocar deterioro, se utilizará un soporte simulado o documento de sacrificio en el que se inocularán las cepas que se identificarán durante el estudio. La variable de estudio será la fluencia de radiación (2, 10, 20 y 30 kJ/m<sup>2</sup>) que está determinada por el tiempo de exposición. Se utilizará un sistema de irradiación dotado de dos lámparas UV germicidas (253,7 nm). Los efectos causados por la irradiación se determinarán por medio del nivel de oxidación, y cambios en el pH, morfología del documento tratado y su composición. Con las condiciones que permitan los mejores resultados se determinará un protocolo de actuación.

**6. PALABRAS CLAVE** (4-6)

Documentos históricos, biodeterioro, radiación UV, fluencia, soporte simulado.

**7. OBJETIVOS**

**7.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los efectos de la radiación UV en la desinfección de soportes simulados de documentos históricos ecuatorianos de los siglos XVI, XVII y XVIII.

**7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Identificar los microorganismos presentes en los documentos históricos seleccionados.



- b. Determinar la sensibilidad *in vitro* ante radiación UV de los microorganismos identificados.
- c. Determinar el efecto de diferentes fluencias de radiación UV sobre las características de integridad de soportes simulados.

#### **8. HIPÓTESIS (opcional)**

- a. La aplicación de radiación UV es efectiva en la desinfección de soportes simulados de documentos históricos, bajo condiciones seleccionadas experimentalmente.

#### **9. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS (con relación a los objetivos)**

- a. Listado de microorganismos presentes en documentos históricos de los siglos XVI, XVII y XVIII.
- b. Efectividad del tratamiento de desinfección mediante radiación UV.
- c. Efectos del tratamiento en el soporte simulado, sobre el nivel de oxidación, pH, morfología y composición.
- d. Protocolo de actuación correspondiente a los mejores resultados.

#### **10. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN (científico, social, económico u otros (máximo una carilla))**

##### **10.1 Impacto Científico**

Los archivos históricos son entendidos como fuentes de información y permiten la conservación de la memoria social, mediante el registro de los procesos históricos recopilados en sus acervos de patrimonio documental. Su preservación es importante para conservar esta memoria y para disponer de fuentes de consulta futura. Con el fin de lograr esta preservación, se usan diferentes sustancias químicas que permiten extender el tiempo de vida de estos bienes culturales. Los productos químicos se han utilizado tradicionalmente a pesar de sus características tóxicas y de carácter residual (Ranalli, Zanardini y Sorlini, 2009). Por otra parte, el deterioro de los documentos puede tener causas internas, que se relacionan con la naturaleza de los materiales de los que el documento está constituido (Crespon y Viñas, 1984) y causas externas que están relacionadas con el ambiente al que está expuesto. Con el fin de disponer de técnicas de preservación de bienes culturales, más amigable con los usuarios, el ambiente y la salud laboral, se han conformado redes internacionales de investigación en tecnologías de radiaciones, aplicadas a su restauración y conservación, que facilitan el intercambio de conocimientos y cooperación ante la necesidad continua de establecer procedimientos y normas de buenas prácticas en este campo. Este proyecto proporcionaría mayor información científica sobre los límites de exposición a la radiación UV de soportes y tintas simuladas de los documentos históricos de los siglos de estudio.

##### **10.2 Impacto Social**

La Ley Orgánica de Cultura (2016) establece que todas las personas, comunidades, comunas, pueblos y nacionalidades, colectivos y organizaciones tienen derecho a acceder a los bienes y servicios culturales, materiales o inmateriales, y a la información que las entidades públicas y privadas tengan de ellas, sin más limitación que las establecidas en la Constitución y la ley. Esta ley tiene entre sus fines salvaguardar el patrimonio cultural y la memoria social, promoviendo su investigación, recuperación y puesta en valor. Como parte de este patrimonio, los documentos históricos no sólo recogen actos o hechos, de una institución o persona en el pasado, también se convierten en una parte de la historia del país y del mundo. Cuando se realizan acciones para la conservación de los documentos históricos se garantiza el acceso al público en general, especializado o no, a hechos de todo tipo. Gracias a estos documentos se puede tener una imagen retrospectiva de las condiciones en las que vivían y se organizaban los pueblos ancestrales.



Los resultados de la investigación aportarían a las técnicas empleadas para la conservación de documentos históricos, y con ello a su transferencia a las generaciones venideras.

### **10.3 Impacto Económico**

El patrimonio cultural constituye una fuente de riqueza para diversos sectores. Genera actividades económicas relacionadas con su identificación, protección, conservación, restauración, gestión y puesta en valor. Numerosos profesionales están involucrados, en museos, instituciones, empresas especializadas en conservación de bienes muebles, empresas y laboratorios especializados en estudios o en productos y tecnologías para la conservación, etc. Además, el patrimonio cultural tiene un importante impacto económico en el turismo cultural interno y externo; turismo alternativo que se convierte en una vía de promover el desarrollo local. A través de él, se muestra el valor histórico de lo que conserva un país y fortalece su identidad y prestigio. El proyecto de investigación indirectamente contribuiría a este impacto económico.

### **10.4 Impacto Político**

La Ley de Cultura indica que es un deber primordial del Estado proteger el patrimonio natural y cultural del país. Las entidades, organismos e instituciones del Sistema Nacional de Cultura deben ejecutar políticas que promuevan el reconocimiento, mantenimiento, conservación y difusión del patrimonio cultural, la memoria social, la producción y el desarrollo de industrias. Entre los deberes y atribuciones del ente rector del Sistema Nacional de este ramo se encuentra el generar la política pública para la investigación, actualización, gestión, formación, producción, difusión y activación de la memoria social, el patrimonio, las artes y la innovación. El proyecto de investigación contribuiría a la conservación y difusión del patrimonio cultural, lo que está contemplado entre las políticas mencionadas.

### **10.5 Otros Impactos**

El INPC determinó en el año 2009 que en la provincia de Pichincha se han registrado 528 archivos, de los cuales el 75 % son públicos; de ellos se pudo evidenciar que el 20 % tienen alto riesgo de destrucción, el 33 % riesgo medio, el 47 % bajo y apenas el 1 % no están en riesgo. El desarrollo del estudio de conservación y desinfección en archivos históricos propiciará, en el marco de un trabajo colaborativo con el INPC, la posibilidad de desarrollar otros proyectos que aporten a la investigación de la memoria y el patrimonio cultural del Ecuador. Otras posibles aplicaciones podrían ser: la desinfección del arte plumario, así como el desarrollo de geles rígidos para limpieza de manchas en los documentos.

## **11. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO *(máximo tres carillas)***

A lo largo de la historia, documentos y archivos de importancia cultural se han visto afectados por el ataque de macroorganismos y microorganismos que, a la larga, provocan el deterioro físico, mecánico y químico del material que constituye dichos archivos. Adicionalmente, las oscilaciones en las condiciones ambientales, tales como de humedad relativa, temperatura, etc.; crean hábitats para el crecimiento de macroorganismos y microorganismos (Lamolda, 2016; Pinheiro y Sequeira, 2020).

El microbiodeterioro de documentos históricos es ocasionado por la presencia de hongos, bacterias y levaduras. En el caso del papel, al ser un material higroscópico, los porcentajes de humedad que presenta por naturaleza son altos, lo que favorece el crecimiento de los microorganismos presentes (Lamolda, 2016; Sterflinger y Pinzari, 2012).

Pinheiro y Sequeira (2020) han recopilado información sobre las especies de hongos más comunes en materiales de papel y libros de color. Los métodos de identificación de estas especies pueden ser pruebas bioquímicas o moleculares. Las especies de hongos encontradas



fueron: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus versicolor*, *Tiraboschi*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Epicoccum nigrum*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium commune*, *Penicillium spinulosum* y *Stachybotrys chartarum*.

Existen diferentes tratamientos físicos y químicos que se aplican a los documentos y archivos patrimoniales para la desinfección y eliminación de cepas microbianas presentes en los mismos (Sequeira et al., 2012). Los tratamientos químicos consisten en la aplicación de sustancias orgánicas e inorgánicas, denominadas biocidas, sobre el material que se desea preservar. Investigaciones previas han demostrado que incluso después de 14 días de haber sido aplicado el tratamiento con óxido de etileno, fue imposible cultivar microorganismos en el material fumigado. Lo que sugiere aún la persistencia del biocida en el material y su potencial riesgo para la persona que lo manipule. El uso de ciertos biocidas, como el óxido de etileno, representan un riesgo para la salud del ser humano debido a que son probados agentes mutagénicos (Ranalli, Zanardini y Sorlini, 2009).

Por otro lado, investigaciones recientes han identificado la formación de biopelículas y cambios genéticos en los microorganismos presentes en documentos históricos. Estos procesos permiten la generación de resistencia del microorganismo al biocida aplicado. El resultado es que el proceso de preservación se convierte en un método ineficiente luego de algunos años de uso continuo (Urzi, De Leo, Galletta y Salamone, 2000).

En cambio, en los procesos físicos la preservación de documentos y archivos se alcanza a través de la irradiación del bien cultural con radiaciones ionizantes y no ionizantes; las radiaciones empleadas abarcan la radiación gamma, la luz UV-C. La efectividad del proceso de conservación y los efectos producidos en el material irradiado dependen de la fluencia (Oppenländer, 2003) y del tiempo de exposición (Sterflinger y Pinzari, 2012).

Marušić, Klarić, Sinčić, Pucić y Mihaljević (2019) realizaron un estudio sobre los efectos de radiación gamma sobre papel. En este estudio, las muestras fueron irradiadas con dosis de 2, 7, 20 y 50 kGy. La evidencia demostró que a dosis altas no se provocaron cambios en el papel. Por su parte, Pfendler et al. (2018) realizaron un estudio para determinar la eficiencia de la radiación UV-C en la erradicación de biopelículas formadas en cuevas y el impacto de esta radiación sobre pigmentos prehistóricos. Se estudiaron 5 diferentes pigmentos: carbón, carbón vegetal, dióxido de manganeso, ocre rojo y óxido de hierro amarillo. Las muestras fueron irradiadas a una fluencia de 4 800 kJ/m<sup>2</sup>. Los resultados obtenidos demostraron que no existió cambio en la estructura química ni física de los pigmentos históricos (Pfendler et al., 2018).

Pfendler et al. (2018) evaluaron la eficiencia del uso de radiación UV-C para controlar la proliferación de hongos presentes en muestras de patrimonio cultural europeo. Las muestras fueron tomadas en seis cuevas francesas y suizas. Estas tenían la presencia de hongos en forma de biopelículas. La identificación de la población microbiana dio como resultado la existencia de 385 especies de hongos. Para el estudio de la efectividad de la desinfección mediante radiación UV-C, se aplicó el tratamiento a esporas y suspensiones celulares. En dicho trabajo, se emplearon 4 lámparas UV-C (Philips, 25 W cada una = 100 W,  $\lambda_{\text{máx}}=254$  nm), ubicadas a 20 cm de las muestras. Se realizaron 4 repeticiones para todos los ensayos. Las cepas irradiadas fueron: *Geomyces sp.*, *Rhizomucor sp.*, *Ochroconis lascauxensis*, *Penicillium sp.*, *Penicillium bilaiae* y *Engyodontium album* (Pfendler et al., 2018).

En el estudio antes mencionado, las suspensiones celulares fueron sometidas a irradiación UV-C en placas Petri de vidrio con agitación constante. Se emplearon las fluencias de 2, 10, 20 y 30 kJ/m<sup>2</sup> en tiempos de tratamiento de 2,6, 13,0, 26,0 y 39,0 min respectivamente. Después de la irradiación, las suspensiones fueron cultivadas en medio sólido MEA (Malt Extract Agar) a 20 °C



por 2 semanas. Los resultados indicaron que al someter a la muestra a una fluencia de 2 kJ/m<sup>2</sup>, todas las cepas microbianas estudiadas fueron eliminadas, a excepción de la *Ochroconis lascauxensis*. Para las demás fluencias se observó la eliminación de las 6 cepas estudiadas (Pfundler et al., 2018).

Las esporas fueron inoculadas en placas de agar y luego, irradiadas a las mismas fluencias de las suspensiones celulares; el estudio se realizó con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que *Ochroconis lascauxensis* y *Penicillium bilaiae* no murieron al someterse a una fluencia de 2 kJ/m<sup>2</sup>. Para *Rhizomucor sp.* de las cuatro placas, únicamente en una permanecieron las cepas vivas, al someterse a una fluencia de 2 kJ/m<sup>2</sup>. Para *Penicillium bilaiae*, en dos de las cuatro repeticiones, las cepas permanecieron vivas después de someterse a una fluencia de 10 kJ/m<sup>2</sup>. Las poblaciones de *Penicillium sp.*, *Geomyces sp.* y *Engyodontium album* fueron eliminadas al ser sometidas a una fluencia de 2 kJ/m<sup>2</sup>. Todas las cepas se eliminaron a fluencia de 20 y 30 kJ/m<sup>2</sup> (Pfundler et al., 2018).

En la revisión bibliográfica no se encontraron evidencias de aplicación de radiación UV para la preservación de documentos históricos ecuatorianos o para la eliminación de cepas microbianas presentes en estos. Sin embargo, alrededor del mundo se han realizado investigaciones sobre el uso de radiación UV-C en cuevas e iglesias con importancia cultural e histórica.

Según Hanus (2012), en ciertos acervos documentales está normado el nivel de exposición a radiación UV y a la iluminación, con fines de conservación de los archivos históricos. La intensidad de iluminación se limita al tiempo necesario para recuperar y devolver los documentos al archivo. Si la luz del día u otras fuentes de iluminación emiten radiación ultravioleta superior a 75 μW/lumen, se deben emplear filtros ultravioleta que eliminen la radiación de longitud de onda inferior a 400 nm y disminuyan la radiación hasta el valor aceptable antes mencionado. Así mismo, las fuentes de luz siguen la siguiente intensidad de iluminación:

- a) hasta 300 lux en la sala de búsqueda,
- b) hasta 200 lux en las zonas de almacenamiento
- c) hasta 50 lux en las zonas de exposición.

Por otra parte, de acuerdo con la información disponible en el INPC, los principales componentes identificados en los libros de los siglos XVI y XVII, que han sido objeto de estudio por parte de investigadores ecuatorianos en la colección histórica de la Universidad Central y en el Archivo Nacional del Ecuador, son el papel de trapos de lino y las tintas de tipo ferro ácidas. El papel de trapos está conformado por trapos de lino y algodón, desperdicios del cáñamo, yute, esparto, abacá, pita, etc. Su preparación involucra los procesos de selección, clasificación, limpieza, desempolvado, cortado y trituración. Luego, el trapo está en condiciones de ser sometido a procesos químicos de lejiado y blanqueo. Las fibras se purifican para obtener las pastas en bruto para la fabricación.

## 12. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA (máximo tres carillas)

Para estudiar los efectos de radiación UV en documentos históricos ecuatorianos, los objetivos específicos y las actividades del proyecto se realizarán de manera coordinada con el INPC. Considerando lo establecido en la Ley Orgánica de Cultura y en el "Convenio Marco de Cooperación entre el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y la Escuela Politécnica Nacional", suscrito el 06 de julio del 2020, las actividades contarán con la supervisión del INPC, cuando las técnicas aplicadas no se realicen en sus instalaciones, y bajo su responsabilidad en las que se ejecuten en el Instituto.

### a. Identificación de los microorganismos presentes en documentos históricos seleccionados



Se tomarán muestras de seis documentos históricos de los siglos XVI, XVII y XVIII proporcionados por el Archivo Nacional del Ecuador. Se seleccionarán dos documentos por cada siglo. La selección se dará según el proceso de biodeterioro que posean los documentos y su ambiente cercano. Para que los documentos sean seleccionados deberán presentar evidencias de crecimiento microbiano. Los documentos serán facilitados y seleccionados previamente por el INPC.

Se deberá tomar en cuenta que existieron diferentes soportes y tintas con los que se elaboraron los documentos históricos, durante los períodos indicados. Para fines de este estudio, los materiales entre los cuales se seleccionarán los soportes incluyen: lino, algodón y celulosa.

Se realizará el cultivo, aislamiento, purificación e identificación de cepas de hongos y bacterias de todas las muestras, mediante el siguiente sistema: para la identificación taxonómica de las cepas se empleará los manuales de Barnett y Hunter (1987) y para la identificación de bacterias se realizarán pruebas bioquímicas descritas en el Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Se realizará este procedimiento tres veces por cada documento histórico, siguiendo los procedimientos específicos de ensayo del INPC, los cuales se realizarán en la Unidad de Laboratorio y Análisis del INPC.

La identificación molecular de los microorganismos, al menos de los más importantes, se podría realizar mediante colaboración externa que gestionaría el INPC.

#### **b. Determinación de la sensibilidad ante radiación UV de los microorganismos identificados**

Una vez que las cepas de los microorganismos fueron identificadas, se realizarán cultivos en cajas Petri bajo las siguientes condiciones: medios de cultivo como Agar nutritivo para bacterias, PDA y Agar Saboreud (Gentamicina 1 %) para hongos. Se incubarán a 28 °C durante 72 horas, en el caso de bacterias, y a 22° C durante 5 días para hongos y bacterias. Al cabo del período de incubación, se realizará el recuento en placa de las colonias. En el caso de los hongos, se utilizará la técnica de recuento por dilución seriada.

Las cajas Petri serán expuestas a radiación UV en el interior de un reactor de madera, con dimensiones de 60×30×35 cm. En la tapa de este reactor se localizan dos lámparas UV germicidas (253,7 nm) de 15 W. Las muestras estarán ubicadas a 6 cm de distancia de dichas lámparas. Las paredes internas estarán recubiertas con espejos de 2 mm de espesor (Amat et al., 2004; Chitra et al., 2014; Hermosilla et al., 2009). Previamente a la aplicación de radiación UV, se medirá con un radiómetro la irradiancia de las lámparas UV germicidas en el Centro de Irradiación de la EPN.

La fluencia de la radiación UV aplicada se calculará como una media de las lecturas de la radiación incidente en la sonda del radiómetro. Esta sonda se ubicará en diferentes puntos dentro de la cámara. Con esta medida se determinará la distribución de la irradiancia emitida por las dos lámparas en el interior de la cámara (Gutiérrez, Ruiz, Sgroppo y Rodríguez, 2016).

Se realizarán cuatro repeticiones del tratamiento de irradiación para las cepas identificadas. Las cepas se irradiarán a fluencias de 2, 10, 20 y 30 kJ/m<sup>2</sup>, valores que fueron fijados con base en un estudio previo que evaluó la proliferación y diversidad de hongos en el patrimonio cultural luego de ser irradiados con luz UV-C (Pfundler et al., 2018). Con la irradiancia promedio (A) calculada (a través de las lámparas UV) y las fluencias (deformaciones del papel) se determinarán los tiempos de exposición a luz UV-C dentro del reactor. La irradiancia de las lámparas, así como la distancia entre estas y las cajas Petri se mantendrán constantes. Una vez concluidos estos ensayos, se realizará el análisis de la sensibilidad que presentan los microorganismos frente al



tratamiento. Se determinará el número de unidades formadoras de colonias (ufc) para cada una de las cepas en estudio. Se realizará el conteo de ufc, de cada caja Petri, antes y después del tratamiento con luz UV y se graficarán curvas de letalidad por fluencia.

Se determinará el tiempo en el cual será más efectiva la radiación UV como tratamiento para la reducción de la población de microorganismos. Como resultado del análisis, se identificarán a los microorganismos más resistentes.

El análisis estadístico se realizará por medio del uso del software Statgraphics Centurion 18 de Statpoint Technologies Inc. Se seleccionarán los dos mejores tiempos de exposición a radiación UV, bajo el criterio de mayor letalidad de los microorganismos, y los documentos que correspondan a los mejores resultados.

### **c. Determinación del efecto de diferentes fluencias de radiación UV en un soporte simulado**

Se tomará un documento actual o documento de sacrificio como soporte simulado, cuya función será albergar los microorganismos aislados y obtenidos de documentos antiguos. Se realizará la irradiación del documento de sacrificio con las fluencias que correspondan a los dos mejores tiempos determinados en el objetivo anterior, dentro del reactor de madera mencionado en la sección b. Se tomarán muestras del documento de sacrificio para la evaluación del efecto de la radiación UV.

Los efectos de la radiación UV en un papel simulado bajo las condiciones de los siglos XVI, XVII, y XVIII (papel de trapos), previamente seleccionados, se valorarán con los dos mejores tiempos de exposición encontrados anteriormente, por medio de la determinación de sus características físico químicas, antes y después de exponerse a la radiación UV. Para este proyecto se elaborarán soportes (papel de trapos) y tintas de época, o se usarán los disponibles de proyectos ejecutados en el INPC anteriormente, con las características correspondientes a los mencionados siglos, para probar las condiciones de radiación UV explicadas en este apartado.

Los materiales de naturaleza orgánica e inorgánica, como pigmentos, colorantes naturales y aglutinantes, se estudiarán por Espectroscopía infrarroja con transformadas de Fourier y reflectancia total atenuada (FTIR-ATR) o Microscopía Infrarroja, en el rango de lectura de 550 a 4 000  $\text{cm}^{-1}$ ; las lecturas se realizarán en porcentaje de transmitancia. Un análisis complementario podría realizarse con Espectroscopía Raman. Tanto la espectroscopia infrarroja como Raman permitirían observar cambios en la composición debido a la irradiación.

Se realizarán análisis físicos y químicos que permitirán determinar el nivel de oxidación y el valor de pH del material de soporte. El medidor de pH establecerá el estado de acidez o basicidad del documento o soporte. El nivel de oxidación se determinará mediante espectroscopía infrarroja FTIR-ATR y con el análisis de las bandas específicas que se generen del cambio de celulosa; se realizará la lectura de la altura de las bandas. El análisis estadístico de datos se realizará por medio del uso del software Statgraphics Centurion 18 de Statpoint Technologies Inc.

La información sobre la superficie de la muestra o documento de sacrificio, su morfología (forma, tamaño y contrastes entre las distintas zonas) mediante microscopía óptica, sus componentes y la concentración de los elementos y compuestos químicos presentes, medidos por las técnicas anteriormente descritas, permitirán concluir sobre los efectos causados.

Se compararán las mejores fluencias de radiación UV-C versus el deterioro provocado por el tratamiento en el soporte y las tintas y con esta información se definirá el protocolo de actuación correspondiente a los mejores resultados.

### **Referencias Bibliográficas**



- Amat, A. M., Arques, A., Miranda, M. A., y Seguí, S. (2004). Photo-fenton reaction for the abatement of commercial surfactants in a solar pilot plant. *Solar Energy*, 77(5), 559-566. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.03.028>.
- Brenner, J., Krieg, N., y Staley, J. (Ed). (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* Springer.
- Chitra, S., Paramasivan, K., Shanmugamani, A. G., Rao, S. V. S., y Paul, B. (2014). Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Surfactant Wastes. *J. Chem. Eng. Chem. Res*, 1(3), 163-173. Recuperado de: <https://goo.gl/h9gZ6q>.
- Gallardo, K., & Yanez, T. (marzo de 2019). Caracterización de las tintas de sellos que se encuentran en los libros de los siglos xvii y xviii pertenecientes a la Memoria Documental y de Acervo Histórico Patrimonial de la Universidad Central del Ecuador. Obtenido de Repositorio digital UCE: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20584/1/T-UCE-0008-CQU-219.pdf>
- Gutierrez, D., Ruiz, G., Sgroppo, S. y Rodríguez, S. (2016). Uso de la radiación UV-C en el proceso de elaboración de hortalizas de IV gama. *Agrociencia Uruguay*, 20(2), 7-13. ISSN 2301-1548
- Hanus, J., & Hanusová, E. (2012). ARCHIVES AND LIBRARIES - POSSIBILITIES AND NECESSITY FOR PROFESSIONAL COOPERATION. Recuperado de: [Tehnični in vsebinski problemi klasičnega in elektronskega arhiviranja: pokarhmb.si/uploaded/datoteke/Radenci/Radenci2012/25\\_Hanus\\_2012.pdf](http://Tehnični%20in%20vsebinski%20problemi%20klasičnega%20in%20elektronskega%20arhiviranja%20pokarhmb.si/uploaded/datoteke/Radenci/Radenci2012/25_Hanus_2012.pdf).
- Hermosilla, D., Cortijo, M., y Huang, C. P. (2009). The role of iron on the degradation and mineralization of organic compounds using conventional Fenton and photo-Fenton processes. *Chemical Engineering Journal*, 155(3), 637-646. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.08.02>.
- Lamolda, C. (2016). *Aplicación combinada de los tratamientos de congelación y vacío para la desinfección de documentos: El Fondo del Colegio Real de Santa Cruz de la Fe y Santa Catalina Mártir, Archivo de la Universidad de Granada* (tesis de pregrado). Universidad de Granada, Granada, España.
- Marušić, K., Šegvić Klarić, M., Sinčić, L., Pucić, I., Mihaljević, B. (2019). Combined effects of gamma-irradiation, dose rate and mycobiota activity on cultural heritage – Study on model paper. *Radiation, Physics and Chemistry*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108641>
- Oppenlander, T., (2003), *Photochemical Purification of Water and Air*, Wiley-VCH, Germany
- Pfendler, S., Borderiea, F., Boustab, F., Alaoui-Sossea, L., Alaoui-Sossea, B., Aleyaa, L. (2018). Comparison of biocides, allelopathic substances and UV-C treatments for biofilm proliferation on heritage monuments. *Journal of Cultural Heritage*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.03.016>
- Pfendler, S., Boustab, F., Alaoui-Sossé, L., Khatyr, A., Aleya, L., y Alaoui-Sossé, B. (2018). UV-C as an Efficient Means to Combat Biofilm Formation in Cultural Heritage Monument. Biodiversity and Impact on Prehistoric Pigments. *Springer Nature*. Recuperado de: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78093-1\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78093-1_56)
- Pinheiro, A., y Sequeira, S. (2020). Mycological Studies in Cultural Heritage. *Encyclopedia of Mycology*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.21003-0>
- Ranalli, G., Zanardini, E., y Sorlini, C. (2009). Biodeterioration – Including Cultural Heritage. *Applied Microbiology: Industrial*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.13016-X>
- Sterflinger, K. (2010). Fungi: Their role in deterioration of cultural heritage. *Fungal Biology Reviews*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2010.03.003>
- Urzi, C., La Cono, V., De Leo, F., Donato, P., 2003. Fluorescent in situ hybridization (FISH) to study biodeterioration. In: Saiz- Jimenez, C. (Ed), *Molecular Biology and Cultural Heritage*. Balkema Publishers, Lisse, The Netherlands.





### 13. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio		
Unidad de Laboratorio y Análisis del INPC	Cabina de flujo laminar Incubadora Potenciómetro Microscopios ópticos	Microbiología
Departamento de Ciencias Nucleares	Cromatografía de Gases con detector de masas	Laboratorio DCN
	Radiómetro	Centro de Irradiación de EPN
EPN	Espectroscopía Infrarroja FT-IR-ATR o Microscopía Infrarroja	