

Fluorescencia visible inducida por radiación UV. Sus usos en conservación y diagnóstico de colecciones. Una revisión crítica

Fernanda Espinosa Ipinza
Viviana Rivas Poblete

RESUMEN

La radiación UV ha sido considerada por años como un agente de deterioro muy potente para diversos materiales. Sin embargo, desde 1925, también se ha venido usando para el diagnóstico de colecciones como una herramienta de análisis no destructivo que permite, entre otras cosas, detectar restauraciones previas y ciertos materiales constitutivos de las obras, al tener estos distintos patrones de comportamiento ante la luz UV. Esta técnica es conocida como fluorescencia visible inducida por luz UV. El presente artículo revisa las aplicaciones de la técnica en el campo de la conservación, así como también expone la metodología y los avances realizados en el CNCR en la implementación de esta herramienta de análisis.

Palabras clave: fluorescencia visible inducida por luz UV, análisis no destructivo, diagnóstico, colecciones.

ABSTRACT

UV radiation has been considered for years as a powerful agent of deterioration for various materials. However, since 1925, has also been used for the diagnostics of collections, as a nondestructive analytical tool that allows, among other things, detect previous restorations and certain constituent materials of the works, to have these different patterns of behavior to light UV. This technique is known as visible fluorescence induced by UV light. This article reviews the applications of technique in the field of conservation, as well as discusses the methodology and progress of the implementation in the CNCR to this analysis tool.

Key words: visible fluorescence induced by UV light, nondestructive analysis, diagnostic, collection.

María Fernanda Espinosa Ipinza, Bióloga con mención en medio ambiente; Licenciada en ciencias ambientales con mención en biología y Magister en ciencias biológicas, mención microbiología. Jefa del Laboratorio de Análisis del CNCR.
espinoza@cncr.cl; fdaesp@gmail.com

Viviana Margarita Rivas Poblete, fotógrafo profesional, fotógrafa asociada Unidad de Documentación Visual CNCR.
vivianarivas@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El término radiación UV está presente en muchos ámbitos de la vida actual. Al hablar de rayos ultravioleta se nos vienen a la mente de inmediato los peligros a la piel generados por largas exposiciones al sol y también el aumento de radiaciones de esta longitud de onda por efecto de la disminución de la capa de ozono. En el campo de la conservación, los efectos de la luz UV sobre los objetos no son más favorables. Se ha descrito que los materiales de origen orgánico son especialmente sensibles a las radiaciones del espectro UV, ya que el contenido energético de los fotones es suficiente para provocar la alteración de la mayor parte de los materiales orgánicos debido a su alto contenido energético¹. La radiación UV está presente en numerosas fuentes lumínicas, entre ellas la luz natural, las lámparas fluorescentes y en menor proporción en lámparas incandescentes de wolframio-halógeno².

Sin embargo, la radiación UV puede usarse en tareas de diagnóstico de colecciones y análisis de materiales en objetos patrimoniales. Grant señala que la cantidad de radiación UV absorbida durante una breve examinación usando una lámpara ultravioleta es mínima, por lo cual mientras esta técnica nos permita responder una pregunta acerca del objeto, el uso de la luz UV puede considerarse aceptable³. La presente revisión intenta poner de manifiesto las ventajas del uso de radiación UV en el diagnóstico de deterioros y alteraciones de bienes patrimoniales en base a una revisión de literatura, para terminar exponiendo la experiencia desarrollada en el CNCR por la Unidad de Documentación Visual en conjunto con el Laboratorio de Análisis. Mediante esto último se pretende además revalorizar la importancia del trabajo interdisciplinario en la puesta en valor de objetos históricos.

ESPECTRO DE RADIACIÓN UV

La luz visible, las ondas de radio, las microondas, la luz UV y los rayos X son distintas formas de radiación electromagnética. Todas estas formas de radiación transfieren energía desde una región del espacio a otra⁴. Se miden en longitudes de onda, las cuales son inversamente proporcionales a la energía producida por la radiación⁵ (Foto 1).

La porción visible del espectro irradia entre los 400 y 700 nm, y es la única radiación del espectro que puede ser vista por el ojo humano. La radiación UV, en tanto, va desde 10 a 400 nm, desde UV de vacío hasta casi el púrpura del espectro visible (Foto 1). La fracción UV del espectro puede ser dividida en cuatro regiones:

- UVA, conocida como UV de onda larga, entre 320 y 400 nm. Este tipo de lámpara es la más usada en conservación.

1 San Andrés y de la Viña, 2004: pp. 382-383. Un fotón se define como una partícula sin masa ni carga eléctrica que corresponde a la cantidad mínima de energía de que constan las radiaciones.

2 *Ibíd.*: p. 406.

3 Grant, 2000a: p. 1.

4 Atkins y Jones, 2005: p. 1.

5 Buzit-Tragni, 2005: pp. 2-3. Esto se sustenta en la ecuación $E = h c / \lambda$, donde λ es la longitud de onda, h la constante de Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ Js), c la velocidad de la luz ($3,00 \times 10^8$ m/s) y E la energía.

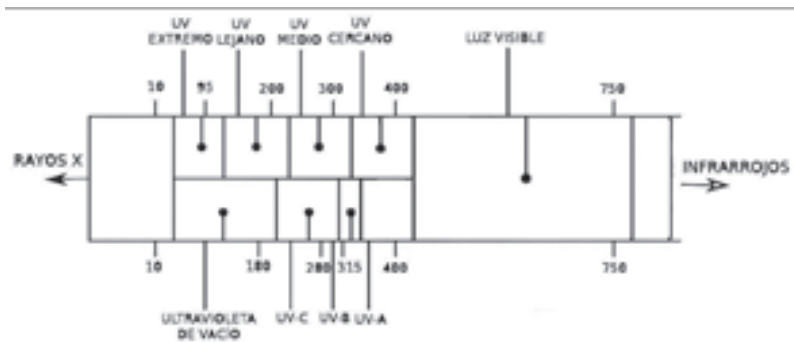


Foto 1: Espectro de radiación electromagnética. Tomado desde <http://uvcpblog.wordpress.com/2008/11/04/tipos-de-radiacion-ultravioleta/> (Consulta: Noviembre, 2010)

- UVB, conocida como UV de onda media, entre 280 y 320 nm.
- UVC, conocida como UV de onda corta, entre 180 y 280 nm. UV de alta frecuencia.
- UV de vacío, entre 10 y 180 nm. Esta radiación sólo puede estar presente en el vacío pues es rápidamente absorbida por el aire.

FLUORESCENCIA VISIBLE INDUCIDA POR UV

Ciertos materiales son capaces de transformar la luz UV en una radiación visible de onda más larga, produciendo con esto una fluorescencia visible inducida por efecto de la radiación UV. Cuando la radiación es absorbida por el material, los electrones son puestos de forma temporal en un mayor estado de energía, luego esa energía es liberada volviendo los electrones a su estado normal. Es esta energía radiante liberada, o fluorescencia, la que se logra apreciar en el espectro visible dependiendo del material irradiado⁶.

El fenómeno expuesto en el párrafo anterior se conoce como fluorescencia visible inducida por UV. Al volverse perceptibles las radiaciones producidas por la fluorescencia UV al ojo humano, y por ende a sistemas fotográficos, esta propiedad se ha transformado en una técnica de análisis físico que permite llegar a conocer aspectos técnicos de ejecución y constitución de materiales, como también las alteraciones que este pudo haber sufrido⁷.

La fluorescencia en el espectro visible puede tener distintos colores, dependiendo de la sustancia que está siendo excitada; estas diferencias de color e intensidad han sido exitosamente usadas en análisis no destructivos de minerales y pigmentos. En conservación, a veces la presencia de un área fluorescente sobre el artefacto es informativa. Se ha visto, por ejemplo, que decoración muy desgastada en cerámica puede ser revelada en detalle bajo luz UV, que inscripciones borradas en papel y pergamino pueden ser más claras y que adhesivos antiguos o restauraciones previas se vuelven más obvios⁸.

6 Grant, 2000a: p. 2.

7 Alba y González, 2005.

8 Dorrel, 1994: p. 200.

EL USO DE LA FLUORESCENCIA VISIBLE INDUCIDA POR UV EN EL CAMPO DE LA CONSERVACIÓN

Se hizo una revisión de antecedentes bibliográficos para determinar el uso de la técnica en el ámbito de la conservación y restauración de bienes culturales. Lo primero que llama la atención es que el uso de la fluorescencia inducida por UV como herramienta de diagnóstico no destructiva comienza a documentarse a partir del año 1925⁹. Después de eso ha habido una serie de trabajos que citan el uso de esta técnica en distintos soportes, incluyendo papel, madera, cerámicas, pinturas, entre otros. La fluorescencia UV se emplea sobre todo para documentar las diferentes restauraciones que haya podido sufrir una obra¹⁰; sin embargo, en algunos casos también se ha usado en la discriminación de materiales¹¹.

La principal razón por la cual parece ser beneficioso dirigir una primera mirada al objeto con una lámpara UV es que éstas generalmente están disponibles en laboratorios de conservación, y como herramienta de examinación se consideran rápidas y accesibles¹². Sin embargo, es necesario recordar que la exposición de los objetos a la luz UV es dañina y acumulativa, por lo cual se deben primeramente establecer los objetivos y resultados que se esperan de la examinación; en este sentido, y tal como se mencionó en la introducción, si la pregunta sobre el objeto puede ser contestada usando fluorescencia visible inducida por luz UV, el uso de la técnica debe considerarse aceptable¹³.

Pinturas

El uso más extendido de esta técnica ha sido sobre las pinturas. La capacidad de emitir fluorescencia de un gran número de sustancias cambia con las alteraciones químicas y físicas producidas por el paso del tiempo. Así, los materiales antiguos tienden a emitir fluorescencia de manera distinta a los nuevos. Aprovechando este comportamiento, la fotografía de la fluorescencia inducida por radiación ultravioleta nos permite una primera aproximación del estado de conservación de la superficie pictórica: presencia de repintes, añadidos y barnices¹⁴.

La examinación de pinturas bajo luz UV es entonces habitualmente usada para detectar retoques y restauraciones anteriores¹⁵. Se ha descrito que en pintura de caballete esta técnica se aplica al estudio de la capa de barniz, al reconocimiento de intervenciones ajenas a la pintura original y repintes gracias a las diferencias de fluorescencia de aglutinantes y pigmentos¹⁶.

Pigmentos

René de la Rie (1982) determinó, como parte de un estudio de fluorescencia de las capas de pinturas y barnices bajo la luz ultravioleta, la fluorescencia de

9 De la Rie, 1982: p. 2.

10 Matteini y Moles, 2001: p. 175.

11 López-Acevedo, 2008: p. 211.

12 Cfr. Grant, 2001^a: p. 1; Tagni, 2005: 7.

13 Cfr. Grant, 2000a: p. 1.

14 Antelo *et al.*, 2008: p. 37

15 Dorrel, 1994; Johnston-Feller, 2001.

16 Alba y González, 2005: p. 3.

una serie de pigmentos mediante espectrometría de fluorescencia. En base a los resultados obtenidos para este trabajo se determinó que sólo algunos pigmentos producen una fluorescencia de considerable intensidad. Estos pigmentos son el blanco de zinc, los pigmentos de cadmio y los pigmentos genuinos derivados del extracto de *Rubia tinctorum*, alizarina y purpurina¹⁷. Otros pigmentos parecen estimular el desarrollo de fluorescencia en aceite de linaza. Este efecto se ha observado para blanco de cobre y en los siguientes pigmentos azules: azul cobalto y violeta, azul de manganeso, azul cielo y azul ultramarino¹⁸. Sin embargo, la mayoría de los pigmentos presentan una fluorescencia nula o muy leve, entre estos cuentan los ocre, sienas, verdigris, resinato de cobre, minio, negro de hueso, viridiana, malaquita, azurita, azul de Prusia y verde de tierra¹⁹.

Cerámicas

Al igual que en el caso de pinturas, esta herramienta ha sido usada principalmente para la detección de restauraciones previas. En este sentido se hace relevante el estudio de adhesivos mediante el uso de luz UV. Dentro de los adhesivos más usados en restauración de cerámica se distinguen distintos patrones de fluorescencia, por ejemplo: los epóxicos emiten fluorescencia de color blanco amarillento brillante, el PVA azulado lechoso, acetato de celulosa blanco lechoso y nitrato de celulosa amarillo verdoso. El Paraloid B72 no es excitado por luz UV²⁰.

Piedras y restos óseos

En este acápite se juntaron estas dos materialidades no porque sean similares, sino más bien porque presentan comportamientos comparables bajo luz UV. Primeramente, y como se ha descrito en otros componentes, en ambas pueden distinguirse restauraciones anteriores bajo fluorescencia UV.

Además, sobre estos objetos la fluorescencia UV nos puede entregar información acerca de la antigüedad del objeto. Cortes frescos de mármol, piedra caliza y alabastro no presentan una fluorescencia significativa. La pátina depositada sobre la superficie de estas piedras emite fluorescencia, haciendo visible un patrón blanco moteado. Esta característica permite identificar falsificaciones²¹. En el caso de restos óseos, estos pasan de una fluorescencia blanca brillante al estar frescos a una amarillenta moteada con el paso de los años²².

Metales

En general, los metales no emiten fluorescencia, lo que podría refulgir en un objeto de metal son resinas o ceras aplicadas sobre la superficie del objeto, en especial las de origen natural²³.

17 De la Rie, 1982a.

18 De la Rie, 1982b.

19 *Ibíd.*

20 *Cfr.* Grant, 2000b: p. 1.

21 *Cfr.* Grant, 2000b: pp. 1-2.

22 *Ibíd.* p. 2.

23 *Ibíd.*

Papel

Papeles modernos pueden distinguirse de papeles antiguos mediante la técnica de fluorescencia visible inducida por luz UV²⁴. Además, se ha descrito que se pueden examinar en el papel algunas tintas por diferencias en la fluorescencia, hongos, líneas de agua, falsificaciones y escrituras borradas y adhesivos, así como también puede evaluarse el sustrato de papel²⁵.

Se ha demostrado que ciertas marcas de agua quedan de manifiesto al ser irradiadas con luz UV. Un trabajo previo describe que las marcas de agua sólo visibles bajo luz UV están caracterizadas por una fluorescencia azul y pueden ser indicadores de una subsecuente degradación. Se observó que a medida que comienza a disminuir la fluorescencia, la marca se vuelve oscura bajo luz UV y una decoloración visible se comienza a manifestar²⁶.

El crecimiento de hongos sobre el papel también puede ser detectado por luz UV. Se realizó un estudio en mapas de papel (siglos XVII y XX) que presentaban evidencia de *foxing*. Se observaron las zonas que presentaban esta alteración bajo luz normal y UV, además se tomaron muestras de estas áreas para cultivo de microorganismos y muestras de papel para someterlas a cámaras de humedad. El resultado de esta investigación determinó que el crecimiento fúngico ocurre sólo en los puntos definidos como *foxing* que emiten fluorescencia bajo luz UV, los cuales en algunos casos no son visibles a ojo desnudo²⁷.

Textiles

De modo similar a lo que ocurre con otros materiales, bajo luz UV pueden distinguirse textiles nuevos de antiguos, como también restauraciones previas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que textiles antiguos lavados con detergente pueden emitir fluorescencia pareciendo ser más nuevos de lo que realmente son²⁸.

Madera

El patrón de fluorescencia de la madera dependerá de la especie; sin embargo, se puede presentar un comportamiento similar a la piedra, dado que la depositación de pátina en cortes de madera produce una fluorescencia moteada. Por ende, pueden detectarse en la madera restauraciones, como en los casos anteriores, patinación artificial y acabados y barnices²⁹.

Fotografías

Un amplio rango de fluorescencia UV puede ocurrir en materiales fotográficos, aun así es limitada la aplicación al momento de identificar la

24 *Ibíd.*

25 Harland, 1997. En Tagni, 2005.

26 Eusman, 1995.

27 Mortemartini Corte *et al.*, 2003.

28 *Cfr.* Grant, 2000b: p. 2.

29 *Ibíd.*

composición de los soportes. Sin embargo, la técnica de fluorescencia inducida es relevante para ser aplicada en la identificación, caracterización y evaluación del estado del material fotográfico. Puede ser usada en el transcurso del tratamiento para evaluar la eficiencia en la remoción de cintas y adhesivos, y para controlar el impacto de materiales originales como recubridores, retoques, recubrimientos fluorescentes de daguerrotipos o blanqueadores ópticos como proceso de tratamiento³⁰.

EL REGISTRO DE LA FLUORESCENCIA INDUCIDA POR UV EN FOTOGRAFÍA

La técnica fotográfica de fluorescencia visible con radiación UV ha sido de gran importancia en el área de conservación/restauración, ayudando a profundizar en el análisis y diagnóstico de los objetos, siendo de esta manera un registro relevante para los distintos procesos que existen en restauración.

La razón por la que resulta interesante registrar imágenes reflejadas o emitidas por un objeto incidido por estas radiaciones deriva de que, en estas condiciones, la materia presenta un aspecto muy diferente al habitual, y en el estudio de las obras de arte este tipo de registro fotográfico puede proporcionar informaciones de notable interés para el restaurador, al poner de manifiesto las modificaciones naturales o artificiales que haya podido sufrir la obra³¹.

Metodología de trabajo

Para llevar a cabo esta técnica es necesaria una fuente de radiación ultravioleta libre de contaminación de la luz visible y una cámara fotográfica, a la que se puedan adaptar filtros que eliminen el ultravioleta reflejado. La contaminación visible de las fuentes ultravioleta está generalmente filtrada de fábrica en las lámparas comercializadas para estos fines³². Respecto a la cámara fotográfica, a pesar de que generalmente la técnica está documentada en la bibliografía para fotografía análoga, se ha descrito que las cámaras digitales son eficientes para documentar la fluorescencia, mostrando claras ventajas sobre las películas fotográficas³³.

Para lograr un adecuado registro fotográfico debemos anteponer en el lente de la cámara un filtro de obstaculización que bloquee el UV reflejado y solo permita el paso de la fluorescencia visible a la película fotográfica (cámaras análogas) o CCD (cámaras digitales). Dentro de los filtros que sirven de barrera se recomiendan los amarillos de la línea Wratten de Kodak (W 2A, W 2B, W12, W15)³⁴.

30 Buzit-Tragni, 2005.

31 Matteini y Moles, 2001: p. 170.

32 Antelo *et al.*, 2008: p. 37.

33 Buzit-Tragni, 2005: p. 65.

34 Cfr. Matteini y Moles, 2001: p. 176.

ESTUDIOS EXPERIMENTALES EN EL CNCR

De a poco se ha ido implementando en el CNCR el uso de la técnica de fluorescencia visible inducida por UV como modo de evaluación y diagnóstico previo al proceso de restauración de las piezas. Desde el año 2008 se comenzó una evaluación conjunta de las piezas entre el laboratorio de análisis y la unidad de documentación visual para así sacar máximo provecho a los resultados que puede arrojar la técnica. En esta revisión vamos a dar cuenta, de manera muy breve, de algunas problemáticas de estudio realizadas en conjunto por ambas unidades de apoyo.

Presencia de adhesivos en cerámicas y huesos

Tal como se explica en la parte anterior de este artículo, muchos de los adhesivos usados en conservación emiten fluorescencia bajo luz UV. Aunque estos pueden ser apreciables sobre el material a simple vista, la aplicación de luz UV puede facilitar el registro de las zonas adheridas, como también ayudar a la identificación del tipo de adhesivo y a la delimitación de zonas en que la capa es más delgada burlando a la observación simple.

Se han analizado en este contexto restos óseos y cerámicas. Un caso de análisis fue realizado sobre un plato diaguita³⁵ que presentaba zonas con abundante adhesivo, el cual emitía fluorescencia bajo luz UV, (Fotos 2 y 3). También se detectaron otras zonas con adhesivo, las cuales no se presentaban en las juntas de fragmentos y parecían más bien responder a descuidos en el proceso de aplicación. En conjunto con este análisis se realizó un análisis espectroscópico utilizando un FTIR, el cual permitió identificar el adhesivo como PVA con un 91% de confianza. Los mismos resultados se lograron exponiendo a luz UV una urna de gran formato³⁶, en este caso se esclarecieron las zonas tratadas con adhesivos, sin embargo este se removió sin que se tuviera como objetivo su identificación (Fotos 4 y 5).



Foto 2: Cráneo previamente restaurado, fotografiado bajo luz normal.

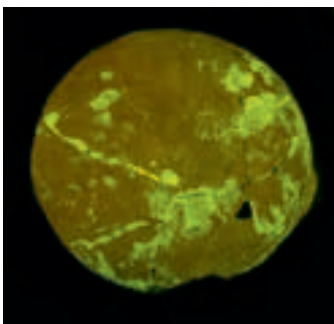


Foto 3: Cráneo previamente restaurado, fotografiado bajo luz UV usando filtro Wratten 12. Resalta la fluorescencia del adhesivo.



Foto 4: Urna previamente restaurada, fotografiada bajo luz normal.

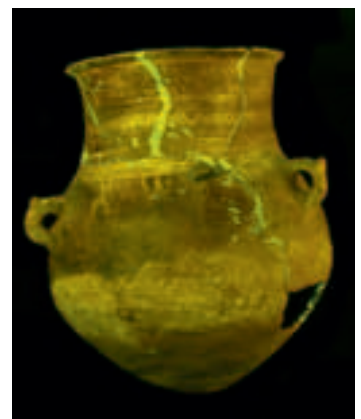


Foto 5: Urna previamente restaurada, fotografiada bajo luz UV usando filtro Wratten 12.

35 Ficha clínica CNCR: LA. 2009.5.7.

36 Ficha clínica CNCR: LA. 2008.3.1.

Patrones de raíces y alteraciones antrópicas en cerámicas y huesos

A veces, dependiendo de la coloración de la cerámica o restos óseos, los patrones de raíces o algunas alteraciones antrópicas en estas piezas no son tan apreciables a ojo desnudo. En el trabajo con fluorescencia visible inducida por UV hemos podido apreciar que estas alteraciones son reveladas con más claridad, lo cual resulta útil para los procesos de diagnóstico de la pieza. Esto lo hemos observado tanto en cerámica³⁷ (Foto 6) como en restos óseos³⁸ (Foto 7). En el primer caso se observan patrones de raíces con mayor nitidez al exponer el cráneo a luz UV, mientras que en el segundo podemos ver algunos detalles de alteraciones antrópicas.

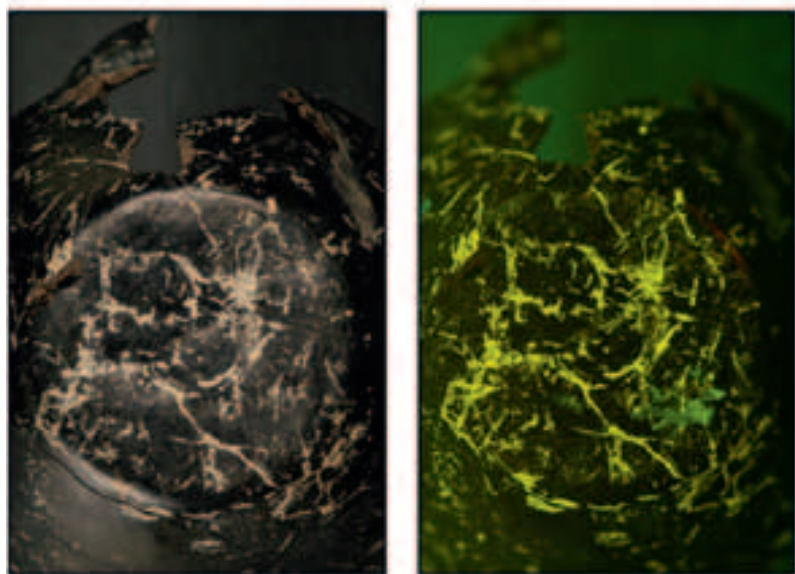


Foto 6: Plato de cerámica bajo luz normal (izquierda) y UV con filtro Wratten 12 (derecha).

Identificación de depósitos en cerámica

Ciertos depósitos superficiales también pueden diferenciarse bajo luz UV. Para ejemplificar este punto tenemos el caso de la botella de Curarrehue³⁹. Esta botella llegó desde el Museo Regional de La Araucanía sin información de contexto. Al describirla se observó que presentaba, entre otras alteraciones, depósitos superficiales, los cuales fueron observados bajo luz UV. (Foto 8).

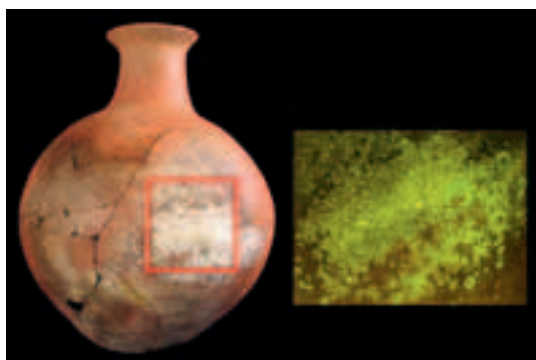


Foto 7: Cráneo fotografiado bajo luz normal (arriba) y UV con filtro Wratten 12 (centro). El detalle en UV (abajo) permite observar alteraciones antrópicas.

Foto 8: Botella de cerámica con depósitos superficiales (izquierda). El cuadrado rojo indica el espacio sobre el cual se hizo el zoom en la foto UV con filtro Wratten 12 (derecha).

37 Ficha clínica CNCR: LA. 2009.6.1.

38 Ficha clínica CNCR: LA. 2009.5.29.

39 Ficha clínica CNCR LA. 2008.4.1.

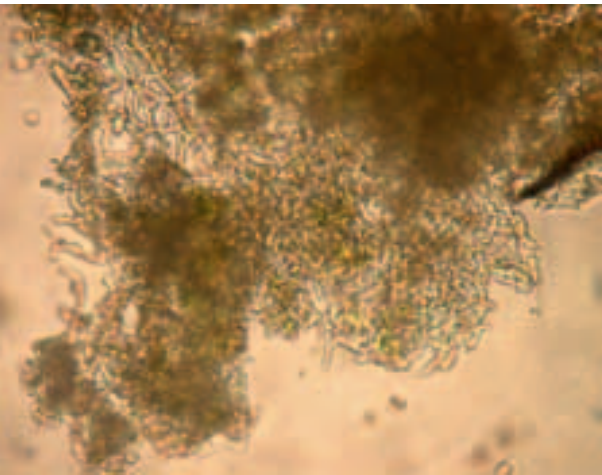


Foto 9: Muestra del probable líquen bajo microscopio óptico. Aumento 100X.

Se detectaron zonas de fluorescencia distintas, lo cual dirigió el proceso de muestreo para posteriores análisis, basados en análisis visual mediante lupa binocular⁴⁰. Una vez observadas las muestras a la lupa, fueron montadas en medio acuoso sobre portaobjetos para su visualización al microscopio óptico⁴¹. Los resultados indicaron la presencia de células pigmentadas de color verde y algunos filamentos (Foto 9). Esto llevó a deducir la probable presencia de líquenes de tipo crustáceos. Las fotografías de fluorescencia UV, en concordancia con estos análisis microscópicos, permiten suponer que, en la pieza, coexisten estos organismos en estado activo con otros inactivos.

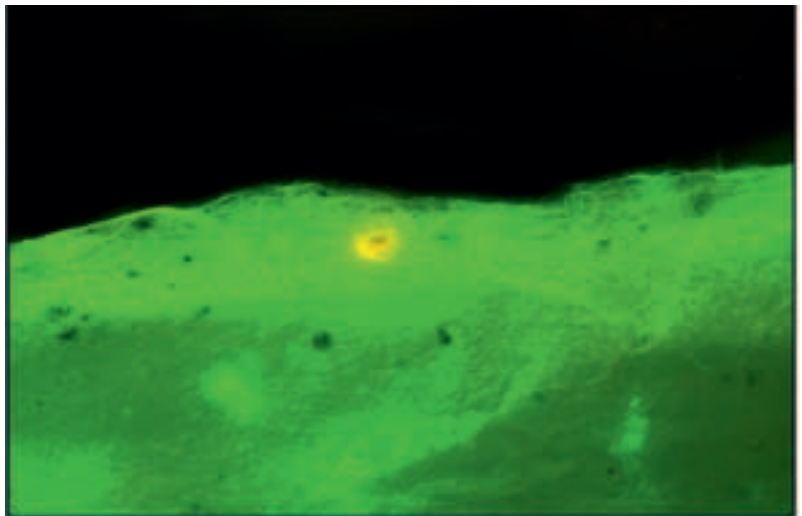
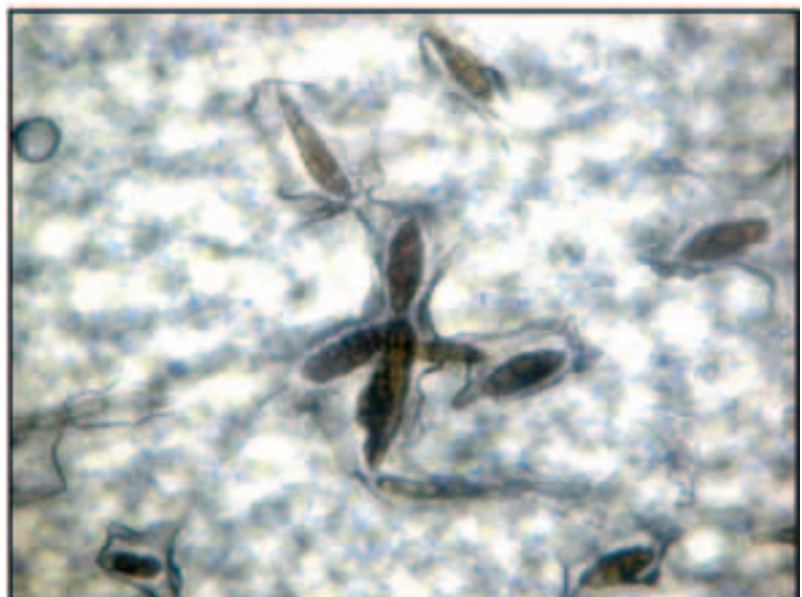


Foto 10: Arriba. Mancha de hongo en obra de papel previamente laminada, observada bajo luz UV usando filtro Wratten.

Abajo. Detalle de muestra tomada desde mancha de hongo. Conidios de *Alternaria* sp. bajo microscopio óptico, aumento 400X.



40 Stemi 200-C, Zeiss.

41 Axioskop 40, Zeiss.

Crecimiento de hongos en papel

Tal como describen los antecedentes, en papel se pueden examinar hongos y líneas de agua utilizando la técnica expuesta. En base a la observación con UV podría sugerirse, por ejemplo, el riesgo sobre ciertas obras al aplicar tratamientos húmedos.

En este contexto, se observó, posterior a la laminación de una obra⁴², previamente humidificada, la aparición de manchas puntuales. Estas fueron expuestas a radiación UV apreciándose no solo un tipo de marcas, sino que dos probables hongos y varias marcas de agua en el papel ya seco (Foto 10). En base a lo observado bajo luz UV se dirigió el muestreo en las zonas de supuestos hongos y se analizaron por microscopía óptica, obteniéndose conidios e hifas de más de una especie de hongos (Foto 10). En base a la detección temprana bajo luz UV se retiró el papel de laminación y se evitó que el resto de la obra se contaminara.

CONCLUSIONES

La fluorescencia inducida por luz UV ha sido utilizada desde hace muchos años en el campo de la conservación. Sus versátiles usos y el hecho de ser una técnica no destructiva, sumado a lo económico del examen, han hecho que esta haya ganado importancia a nivel mundial. Ha sido utilizada en caracterización de materiales y agentes de alteración, se ha visto su éxito en procesos de restauración evaluando la remoción de algún elemento, así como también ha sido de gran utilidad a la hora de reconocer procesos de restauración previos y retoques.

Sin embargo, es necesario hacer algunos alcances a la hora de utilizar la técnica, y es que a veces se hace difícil la interpretación ya que estamos trabajando sobre materiales complejos, que presentan residuos y distintos elementos que van a tener patrones de fluorescencia distinta también. Por lo mismo, es necesario ser cauto y analítico a la hora de basar algún diagnóstico en este tipo de examen no destructivo. Es aquí donde la experiencia y el trabajo multidisciplinario cobran relevancia, la discusión grupal y el apoyo en otros análisis permiten que llegar a un diagnóstico certero.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo del laboratorio de arqueología y papel del CNCR, por permitirnos examinar las piezas para aprender de la técnica. A Francisca Gili por su labor editorial en este artículo.

42 Ficha clínica CNCR: LP- 031-29.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBA, L. Y GONZÁLEZ, A. *Uso de la luz ultravioleta para el estudio del estado de conservación de la pintura de caballete*. Actas del II Congreso del GEIIC. Investigación en Conservación y Restauración. 2005. 12 p.
- ATKINS P. Y JONES, L. *Principios de química. Los caminos del descubrimiento*. Montevideo, Uruguay: Editorial Médica Panamericana, 2005.
- ANTELO, T.; BUESO, M.; GALDÓN A. Y VEJA, C. *La ciencia y el arte. Ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*. Madrid, España: Ministerio de Cultura, 2008. pp. 25-38.
- BUZIT TRAGNI, C. *The use of ultraviolet – induced visible fluorescence for examination of photographs*. Research report. Advanced Residency Program in Photograph Conservation. July 11, 2005. 71 p.
- DE LA RIE. Fluorescence of paint and varnish layers. Part I. *Studies in Conservation*. v. 27, n.1. 1982a. pp. 1-7.
- _____. Fluorescence of paint and varnish layers. Part III. *Studies in Conservation*. v. 27, n.3, 1982b. pp. 102-108.
- DORREL, P.G. *Photography in archaeology and conservation. Cambridge manual in archaeology*. New York, USA: Press syndicate of the University of Cambridge, 1994. p. 260.
- EUSMAN E. Tidelines formation in paper objects. Cellulose degradation at the wet-dry boundary. *Studies in the History of Art 51, Monograph Series II*, National Gallery of Art. Washington, USA: 1995. pp. 11-27.
- GRANT, M.S. The use of ultraviolet induced visible fluorescence in the examination of museum objects, Part I. *National Park Service. Conserve O Gram*. Nº 1/9, 2000a. p. 3.
- _____. The use of ultraviolet induced visible fluorescence in the examination of museum objects, Part II. *National Park Service. Conserve O Gram*. Nº 1/10, 2000b. p. 4.
- JOHNSTON-FELLER, R. *Color science in the examination of museum objects: Nondestructive procedures*. Los Ángeles: Getty Conservation Institute, 2001.
- LÓPEZ ACEVEDO, M.V. Identificación de gemas. *La Ciencia y el Arte. Ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*. Madrid, España: Ministerio de Cultura, Instituto del Patrimonio Histórico Español, 2008. pp. 206-212.
- MATTEINI, M. Y MOLES, A. *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Sevilla, España: Editorial Nerea, 2001. p. 304.
- MONTEMARTINI CORTE, A.; RERRONI, A. Y SALVO, V.S. Isolation of fungal species from test samples and maps damaged by foxing, and correlation between these species and the environment. *International biodeterioration & biodegradation*. v. 51, 2003. pp. 167-173.
- SAN ANDRÉS, M. Y DE LA VIÑA, S.. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid, España: Editorial Síntesis, 2004. p. 461.