



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Selección de bandas clave para el reconocimiento de colorantes y pigmentos históricos mediante imágenes hiperespectrales de fluorescencia

**Descripción general (resumen y metodología):**

En el campo de la conservación y el estudio del patrimonio histórico, resulta fundamental disponer de información detallada sobre los materiales que componen un documento. Este conocimiento no sólo permite establecer una datación más precisa [1] y detectar posibles alteraciones o intervenciones a lo largo del tiempo, sino que también es esencial para planificar adecuadamente las tareas de conservación y restauración en caso de que aparezcan signos de deterioro. Dado que el objetivo principal es preservar de la mejor manera posible el estado original de estos documentos, es de vital importancia que las técnicas utilizadas para obtener información sobre los materiales presentes, como pigmentos o colorantes, no sean invasivas o, al menos, se minimice cualquier interacción con la muestra [2].

Por este motivo, en los últimos años se ha desarrollado el proyecto HYPERDOC en el Color Imaging Lab de la Universidad de Granada, con el objetivo de desarrollar algoritmos para la identificación automática de materiales mediante imagen hiperespectral, que permite, de manera no invasiva, registrar la respuesta espectral detallada de materiales a lo largo de cientos de bandas. En el marco del proyecto, se han realizado capturas espectrales tanto de reflectancia como de fluorescencia de muestras sintéticas de pigmentos históricamente utilizados en el rango visible e infrarrojo cercano (VNIR, 400-1000 nm).

La fluorescencia es un fenómeno óptico que se manifiesta cuando ciertos materiales absorben radiación electromagnética de alta energía (como la luz ultravioleta) y emiten luz en longitudes de onda mayores. Este comportamiento es característico de muchos colorantes orgánicos, y puede proporcionar una firma espectral única para cada sustancia, permitiendo distinguir entre compuestos visualmente similares pero químicamente distintos [3]. Cuando esto se combina con la imagen hiperespectral, en la que se obtiene información espectral detallada en cada píxel, se abre la posibilidad de mapear y clasificar materiales fluorescentes con alta precisión espacial y espectral.

Este Trabajo Fin de Grado se centra en el análisis de imágenes hiperespectrales de fluorescencia en el rango VNIR y de capturas multiespectrales en diferentes bandas [4], con el objetivo de identificar bandas espectrales clave que permitan distinguir entre materiales fluorescentes con un número reducido de bandas, optimizando así futuros sistemas de captura o análisis.

**Metodología:**

1. Búsqueda bibliográfica en bases de datos científicas (Scopus, Web of Science, Google Scholar).
2. Se partirá de la información multiespectral en bandas específicas y de imágenes hiperespectrales de fluorescencia en el rango VNIR ya capturadas de muestras sintéticas con

pigmentos y colorantes conocidos. Se aplicarán técnicas de selección de bandas, estudiando la viabilidad de técnicas de reducción de dimensionalidad (Principal Component Analysis, Independent Component Analysis) para la extracción de características.

3. Se dividirán los distintos píxeles de las capturas hiperespectrales en conjuntos de entrenamiento y test. Se podrá trabajar tanto con el espectro completo como con las bandas seleccionadas utilizando distintos modelos de clasificación (k-Nearest Neighbors, Support Vector Machines, Random Forest), con el objetivo de generar mapas espaciales de presencia de los distintos materiales.
4. Para la evaluación de los resultados de clasificación, se compararán los mapas generados con la distribución conocida por píxel de los distintos materiales en las imágenes hiperespectrales, mediante el cálculo de distintas métricas de evaluación (Precision, recall, confusion matrix). Se comparará el resultado de la clasificación con el obtenido utilizando una cámara multispectral disponible en el laboratorio, a modo de referencia auxiliar. A partir de esta evaluación, se podrá realizar un análisis de las limitaciones del método desarrollado, identificando qué materiales son más difíciles de distinguir.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

1. Revisión bibliográfica del estado del arte en imagen hiperespectral, estudio de la fluorescencia de pigmentos y colorantes, y técnicas de selección de bandas.
2. Aplicación de técnicas espectrales para la identificación de bandas características de los diferentes materiales a estudiar.
3. Entrenamiento de modelos de clasificación para mapear espacialmente la distribución de materiales en imágenes hiperespectrales.
4. Evaluación de los resultados de la clasificación en muestras con materiales conocidos.

**Bibliografía básica:**

[1] M. Melo, P. Nabais, M. Guimarães da Silva, R. Araújo, R. Castro, M. Oliveira & I. Whitworth, "Organic dyes in illuminated manuscripts: A unique cultural and historic record". In Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences, 374 (2016). <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0050>

[2] L. Burgio, "Pigments, dyes and inks: their analysis on manuscripts, scrolls and papyri". In Archaeological and Anthropological Sciences, 13(11) (2021). <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01403-3>

[3] F. Pottier, A. Michelin, C. Andraud, F. Goubard, B. Lavédrine, "Characterizing the Intrinsic Fluorescence Properties of Historical Painting Materials: The Case Study of a Sixteenth-Century Mesoamerican Manuscript", In Applied Spectroscopy, 72 (2017). <https://doi.org/10.1177/0003702817747276>

[4] <https://chsopensource.org/ultraviolet-fluorescence-photography-uvf/>

**Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

**Plazas:** 1

**2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** EVA MARÍA VALERO BENITO

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** ÓPTICA

**Correo electrónico:** valerob@ugr.es

**3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:** Francisco Moronta Montero

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** ÓPTICA

**Correo electrónico:** fmoronta@ugr.es

**4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** VICTOR LOPEZ MARTIN

**Correo electrónico:** victorlopmar@correo.ugr.es