

Arqueología //**Colorimetría aplicada a la conservación-restauración de mosaicos: la caracterización del color de teselas pétreas y cerámicas**

La colorimetría es una ciencia presente en la conservación-restauración de bienes culturales desde hace tiempo, pero ¿qué utilidad podría tener en el campo de los mosaicos? ¿Y qué método puede ser el más adecuado? En este artículo se detalla el estudio científico de caracterización del color de teselas pétreas y cerámicas, pertenecientes a dos mosaicos policromos, a partir del uso de cuatro métodos diferentes: cartas de color Munsell®, lector-comparador, colorímetro de sobremesa y espectrofotómetro.

Lorena Andino Pol. Diplomada en Conservación y Restauración de Bienes Culturales en la especialidad de Pintura y Titulada Superior en Conservación y Restauración de Bienes Culturales en la especialidad de Bienes Arqueológicos por la ESCRBC. Conservadora-restauradora *free-lance*. andino.lorena@gmail.com

Palabras Clave: colorimetría, mosaico, tesela, piedra, cerámica.

Fecha de recepción: 12-11-2019 > **Fecha de aceptación:** 19-11-2019

INTRODUCCIÓN¹

La colorimetría, entendida como ciencia que estudia la medición del color, se utiliza en conservación-restauración, como así lo demuestra la existencia de grupos especializados en este tema. Es un ejemplo el *Gruppo del Colore (Associazione Italiana Colore)*² que desde 1995 organiza congresos anualmente, en los que hay un apartado dedicado exclusivamente al color en conservación-restauración. Por otra parte, la *Section française de l'institut international de conservation (SFIC)*, en 2006 realizó unas jornadas entorno al color, llamadas *Couleur & temps. La couleur en conservation restauration*.³

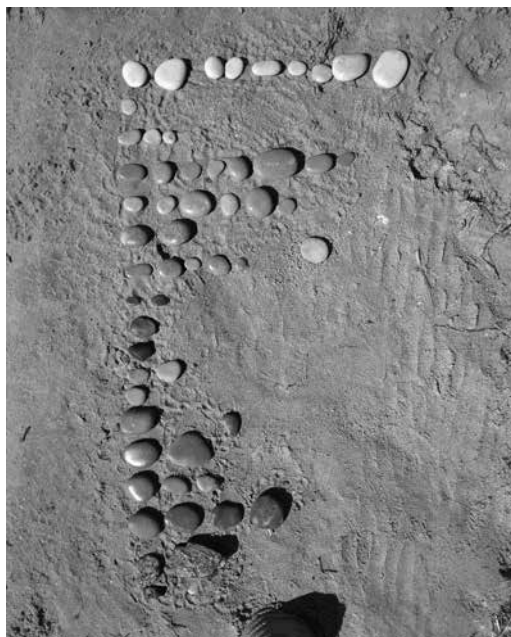
También es una prueba la extensa bibliografía sobre la caracterización del color en diversos materiales, mayormente gráfico, pictórico, lapídeo y textil.

Sin embargo, ¿qué aportación puede tener la colorimetría en la conservación-restauración de bienes arqueológicos y, concretamente, de mosaicos? A raíz de unas prácticas realizadas en el *Laboratori del Servei d'Arqueologia de Barcelona*, la conservadora-restauradora Montserrat Pugès sugirió indagar sobre el tema. Aquel primer acercamiento a la colorimetría abrió la posibilidad de profundizar en la materia, hecho que comportó recibir el encargo de la elaboración de un protocolo para realizar el estudio colorimétrico de teselas de piedra y cerámica,⁴ a partir del uso de un lector-comparador de color. Las conclusiones serán publicadas en forma de artículo en el próximo *Anuari d'arqueologia i patrimoni de Barcelona 2019*.⁵

A raíz de ese estudio se hizo evidente la necesidad de continuar investigando sobre el tema, con el fin de encontrar la respuesta a dos cuestiones: ¿qué aparatos serían los más idóneos en la caracterización del color de los mosaicos? ¿Y qué aplicaciones podrían tener en la conservación-restauración? Este artículo es el compendio.

MARCO TEÓRICO

Previamente a describir los experimentos científicos realizados, es importante aclarar algunos conceptos básicos que ayudarán a entender tanto la colorimetría como los aparatos destinados a caracterizar el color.

**EL COLOR**

¿Qué se entiende por color? En primer lugar, para que haya color se deben dar tres factores: una fuente de iluminación, un objeto que interactúe con esta y el ojo humano que observe el efecto resultante. Pero, ¿cómo funciona el ojo humano? Este percibe el espectro o luz visible a través del nervio óptico, captando los estímulos de la luz y separándola en tres componentes: rojo, verde o azul. Posteriormente envía las señales al cerebro para que interprete qué color está observando.

La luz visible es la región del espectro electromagnético a la que el ojo humano es sensible y que este percibe en forma de radiaciones u ondas electromagnéticas, caracterizadas por magnitudes físicas como la amplitud, la frecuencia (ν) y la longitud de onda (λ). **1** [pág. 74] Es esta última la que se utiliza para "medir" el espectro visible, mediante la unidad correspondiente a los nanómetros.⁶ La luz visible comprende de los 380 a los 720 nm.

¹ Este artículo ha sido traducido del original en catalán al castellano por Cristina Sánchez Chiva, alumna de tercer curso de la especialidad de Conservación y Restauración de Bienes Arqueológicos de la ESCRBC.

² GRUPPO DEL COLORE. ASSOCIAZIONE ITALIANA COLORE [En línea]. <<https://gruppodelcolore.org/le-conferenze/>> [Consulta: 12 enero 2019].

³ SFIC. *Couleur & Temps* [En línea]. <<https://sfic.com/index.php/produit/couleurs-temps/>> [Consulta: 12 enero 2019].

⁴ Estudio encargado por el *Servei d'Arqueologia*: ANDINO, L. *Informe sobre l'estudi colorimètric de tesselles de pedra i ceràmica pel catàleg de mosaics de Barcelona. Desenvolupament i metodologia d'un protocol de treball* (Inédito). Barcelona: Servei d'Arqueologia de Barcelona, 2016.

⁵ AJUNTAMENT DE BARCELONA. SERVEI D'ARQUEOLOGIA DE BARCELONA. *Anuari d'Arqueologia i Patrimoni de Barcelona 2017* [En línea]. <<http://ajuntament.barcelona.cat/arqueologiabarcelona/publicacions-comunicacio/anuari-arqueologia/>> [Consulta: 12 enero 2019].

⁶ 1nm= 10⁻⁹m.

Teniendo en cuenta que el ojo es un elemento clave, pero también subjetivo, ¿cómo caracterizar de manera más “objetiva” los colores? Uno de los primeros pasos en pro del rigor fue establecer sus tres atributos: 2 [pág. 75]

- matiz, tono o tonalidad (*hue*)
- saturación o intensidad (*chroma*)
- brillo o luminosidad (*value*).

LA COLORIMETRÍA

En la búsqueda de la objetividad es donde nace la colorimetría. Esta ciencia utiliza métodos cuantificadores para conseguir identificar el color de manera numérica, mediante la realización de mediciones, cálculos y comparaciones de manera objetiva.

¿Pero cómo? A inicios del siglo XX se realizaron diferentes experimentos en laboratorios, en los que se compararon las sensibilidades cromáticas de distintas personas.⁷ Los observadores fueron expuestos a la luz de diferentes longitudes de onda, conocidas matemáticamente, y se obtuvieron unos resultados que, por convención, fueron traducidos en tres curvas; estas reproducen la sensibilidad a los tres colores primarios por parte de un observador denominado “medio” o estándar,⁸ siendo la curva X la correspondiente al rojo, la Y al verde y la Z al azul, en función de la longitud de onda. Es la denominada colorimetría triestímulo.

Paralelamente, en 1913 se fundó la *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE) o Comisión Internacional de la Iluminación, autoridad internacional que se ocupa del color y la luz, creada con el objetivo de establecer los métodos de medición.

LOS ESPACIOS DE COLOR

Uno de los primeros espacios de colores definidos matemáticamente es el llamado CIE 1931, 3 [pág. 75] consistente en un diagrama bidimensional donde localizar y reconocer los colores. Partiendo de los tres valores X, Y y Z se aplicaron las siguientes ecuaciones: $X = X/(X+Y+Z)$ $Y = Y/(X+Y+Z)$, ob-

teniendo las coordenadas x e y. A partir de la localización de estas en el diagrama, se obtiene un punto que corresponde al color en estudio.

A pesar de ser utilizado durante décadas y proporcionar un espacio bidimensional, en este diagrama “las distancias entre dos puntos no representaban realmente la diferencia percibida visualmente”.⁹ Por esta razón se evolucionó hacia otros modelos, con el objetivo de acercarse todavía más a la forma de percibir el color por parte de las personas, a pesar de seguir estructurándose en torno a los mismos atributos: tonalidad, luminosidad y saturación. De este modo se pasó del espacio CIE 1931, al CIELab 1976. 4 [pág. 75] Idóneo para cuerpos que no emiten luz propia en el espacio CIELab, L* representa la luminosidad (*value*) mientras a* y b* la tonalidad (*hue*).

Posteriormente se evolucionó hacia el espacio CIELCH, 5 [pág. 75] donde L* sigue representando la luminosidad (*value*), mientras C* pasa a representar la saturación (*chroma*). De este modo 0 indicaría un color acromático mientras uno con valor de 85 equivaldría a uno altamente saturado. En cambio, h* representa el ángulo del matiz o tonalidad (*hue*) y se expresa en grados.

OBJETOS DE ESTUDIO: EL MOSAICO DE LA VILLA DEL PONT DEL TREBALL Y DE CAN CABASSA

Las teselas que han servido como muestras para establecer la metodología y posibles aplicaciones de este estudio pertenecen al mosaico policromo de la villa del Pont del Treball. Localizado en 2011, durante el inicio de las obras de la futura estación de la LAV¹⁰ de la Sagrera (Barcelona), se trata de un pavimento de *opus tessellatum* perteneciente a la gran sala de representación de la villa, y datado en el primer cuarto del siglo V.¹¹

La técnica musivaria corresponde al *opus tessellatum*. Las teselas, de aproximadamente 10 x 10 mm o menos, se encuentran dispuestas sobre dos capas de mortero: el mortero de asentamiento y el *nucleus*.¹² Presenta una paleta cromática de 14 tipos diferentes de teselas: tres de cerámica y once de piedra.¹³

Por otra parte, a partir de la intervención del mosaico de Can Cabassa (Sant Cugat) y siguiendo la metodología establecida a partir del estudio de las teselas de la villa del Pont del Treball, se han identificado otras posibles aplicaciones de la colorimetría en la conservación y restauración de mosaicos. 6 [pág. 76]

Los fragmentos de mosaico encontrados en el yacimiento de Can Cabassa (Sant Cugat) ya fueron motivo de estudio de un trabajo final de la ESCRBCB defendido en 2015.¹⁴ Estos fueron descubiertos en el interior de un recorte¹⁵ situado cerca de una villa romana de carácter agrícola y se cree que fueron arrancados de su lugar de origen durante una reforma realizada en la segunda mitad del siglo IV.

UTILLAJE: MÉTODOS PARA CARACTERIZAR EL COLOR

El utillaje empleado para desarrollar la metodología del experimento ha estado condicionado por dos factores.

Por un lado, por la búsqueda bibliográfica sobre la aplicación de la colorimetría en conservación-restauración, a partir de la cual se ha podido constatar que los dos aparatos más utilizados son de tipo cuantitativo:¹⁶ el colorímetro y el espectrofotómetro. Además, se ha creído necesario estudiar otros métodos semi cuantitativos reconocidos por la comunidad científica (geólogos, arqueólogos, etc.) como las cartas de

⁷ Sin trastornos visuales.

⁸ Por observador estándar se entiende a una persona promedio que ve el color a través del espectro visible.

⁹ PALAZZI, S. *Colorimetria. La scienza del colore nell'arte e nella tecnica*. Fiesole (Italia): Nardini Editore, 1995 (Arte e restauro), p. 46.

¹⁰ Acrónimo de Línea de Alta Velocidad.

¹¹ ALCUBIERRE, D. [et al.]. “Resultats preliminars de la nova intervenció arqueològica a la vil·la del Pont del Treball a Barcelona”. *Tribuna d'Arqueologia 2013-2014*, (2016), p. 298 [En línea]. <<http://calaix.gencat.cat/>>

¹² Capa de mortero hecha de cal, arena fina, nódulos de cal y cerámica triturada.

¹³ ALCUBIERRE, D. [et al.]. “Resultats preliminars...”, p. 300.

¹⁴ RAMISA, M. *El mosaic romà de Can Cabassa: Procés de restauració d'un paviment trobat en un abocador*. Trabajo final inédito. Barcelona: ESCRBCB, 2016, p. 1-68.

¹⁵ ARTIGUES, P. LL. “La vil·la de Can Cabassa en els segles IV al VII”. *Arqueologia Medieval* (2010-2011), nº 6/7, p. 14 [En línea]. <<https://www.raco.cat/index.php/ArqueologiaMedieval/article/view/321675/412325>> [Consulta: 28 febrero 2018].

¹⁶ Los métodos de caracterización del color pueden ser: cualitativos (observación visual), semi cuantitativos (comparando la muestra con patrones ya establecidos) y cuantitativos (obteniendo resultados numéricos del uso de los instrumentos).

colores Munsell® y el lector-comparador, un aparato utilizado por instituciones punteras en conservación-restauración.¹⁷

El otro condicionante ha sido el utillaje disponible en la ESCRBCC. En determinados casos no se ha podido disponer de las últimas versiones¹⁸ o *software* necesario para trasladar los resultados obtenidos.¹⁹ Gracias a la colaboración establecida con el Laboratorio de conservación-restauración del *Servei d'Arqueologia de Barcelona* se ha podido utilizar su lector-comparador de color.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL UTILLAJE Y NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 15886

Para seleccionar las características técnicas más adecuadas, se ha tenido en cuenta la norma española UNE-EN 15886 de *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición del color en superficies*.²⁰ Esta establece las directrices a seguir en la determinación del color de materiales inorgánicos porosos, siguiendo las líneas marcadas por la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE). En ella se detallan las características técnicas recomendadas para ser seleccionadas en los aparatos de medición. En el cuadro comparativo se muestran las opciones escogidas en verde. **7** [pág. 77]

CARTAS DE COLOR: MUNSELL®

El sistema de color Munsell® es una clasificación del color según la percepción humana y a partir de los tres atributos explicados en el marco teórico.²¹ **2** [pág. 75] Configurado como una escala numérica, en el sistema Munsell® la descripción del color se expresa mediante un sistema de siglas, en el que primero se identifica la tonalidad (*hue*). De este modo Y correspondería a *yellow* o amarillo, G a *green* o verde, B a *blue* o azul, P a *purple* o púrpura y R a *red* o rojo. Una vez encontrada la tonalidad más similar a la muestra en estudio, se determina la luminosidad (*value*) y la saturación (*chroma*) mediante una correlación numérica. De este modo el número 1 equivaldría al color menos luminoso o saturado y el 8 al que más.

Entre las publicaciones referentes al sistema Munsell® destacan unas cartas usadas en identificación de piedra, material objeto del presente estudio. Son la *Munsell® Soil Color Charts* o carta de color de tierras y la *Rock color book* o carta de color de rocas.²² En ellas, a parte del valor alfanumérico del sistema Munsell®, se puede encontrar la correspondiente denominación o descripción “verbal” de cada color que aparece. En este estudio se ha utilizado la *Munsell® Soil Color Charts* correspondiente a la versión del año 2000, que contiene 322 colores.²³ **8** [pág. 77]

COMPARADOR DE COLOR

Un comparador o lector-comparador de color²⁴ es un aparato que compara el color de la muestra en estudio *versus* las cartas de colores que lleva incorporadas.

A pesar de ser un aparato sencillo, el X-Rite® Capsure tiene unas prestaciones interesantes. Por un lado, cuenta con tres medidas de área de medición: 2, 4 y 8 mm. En este estudio se ha apostado por seleccionar el área de medición más pequeña para poder caracterizar incluso las vetas presentes en varias teselas.

Otro rasgo a resaltar es la posibilidad de controlar la zona en estudio mediante su programa *Video Preview* y la pantalla a color. En ella aparece el resultado de la comparación y se obtiene, por tanto, el color más similar al original. Sin embargo, estos siempre son orientativos, por lo que X-Rite® recomienda que el resultado sea verificado mediante la consulta de la carta física.

¹⁷ Está siendo utilizado por el departamento de pintura mural, CROAPAE, del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE, comunicación personal con la conservadora-restauradora Teresa Valle, 16/10/2018). Paralelamente, también se está utilizando en conservación-restauración de material textil, documento gráfico y escultura (comunicación personal con la química Elena González, del Laboratorio de química de materiales del IPCE, 24/10/2016).

¹⁸ En el caso de la carta *Munsell® soil charts*, la ESCRBCC dispone de la edición del año 2000, aunque hay una actualización de 2009.

¹⁹ En el caso del espectrofotómetro, ha sido imposible trasladar los resultados obtenidos a un espacio de color al no poseer el *software* necesario y no haber encontrado ningún *software* libre.

²⁰ Versión oficial en español de la Norma Europea EN 15886:2010.

²¹ Elaborado por el pintor y profesor de arte A. H. Munsell, y recogido en sus libros *A Color Notation* (1905) y *Atlas of Munsell Color System* (1915).

²² La versión de 2009 de la *Rock color book* contiene 115 colores.

²³ La versión de 2009 cuenta con 401 colores.

²⁴ X-RITE®. *Capsure™. Manual de uso* [En línea] <https://www.idecolor.com/uploads/tmp/X-Rite%20CAPSURE%20Device%20Manual_es.pdf> [Consulta: 12 enero 2019].

²⁵ *El Natural Colour System* se define como “un sistema de notación de colores lógico, construido a partir de cómo ven los humanos”. Fue creado en Suecia en los años 60 del siglo XX y está basado en los tres atributos del color. Esta carta es utilizada por arquitectos, diseñadores, etc. En conservación-restauración se ha utilizado a menudo en patrimonio arquitectónico (NCS. [En línea] <<https://ncscolour.com/>> [Consulta: 12 enero 2019]).

²⁶ Mate y brillante.

²⁷ Estas únicamente se obtienen a partir de las cartas *Munsell® Soil Color Charts*, *Munsell® Rock color book* o *Munsell® Bead color book*.

²⁸ La información sobre el aparato está extraída de las instrucciones de uso, traducidas del alemán.

Entre las cartas de colores que pueden ser incorporadas en el dispositivo (PANTONE, RAL, etc...) hay que destacar la carta NCS²⁵ que, a parte de sus parámetros alfanuméricos, puede dar el valor en L*a*b* del color NCS más similar al original. Por otra parte, también puede ser incorporada la carta de colores Munsell® que, si bien agrupa los dos volúmenes del *Munsell® Book of Color*,²⁶ no proporciona las denominaciones verbales.²⁷

APARATOS DE MEDIDA DE COLOR Y LUZ

Tanto los colorímetros como los espectrofotómetros miden la luz y el color. Los colorímetros se basan en el funcionamiento del ojo humano y realizan mediciones de color a partir de los tres colores primarios (rojo, verde y azul), indicando en qué cantidad están presentes estos tres componentes en la luz reflejada o transmitida por un cuerpo.

En cambio, los espectrofotómetros se basan en la caracterización del color a partir de las longitudes de onda emitidas por el objeto iluminado.

COLORÍMETRO

En el estudio se ha empleado un colorímetro de sobremesa Color Tester LFM1.²⁸ Al ser un aparato de laboratorio, parte del hándicap de que la muestra a identificar debe ser ligera, pequeña y portátil.

Para su funcionamiento son necesarios los filtros X, Y, Z que corresponden a los tres colores primarios que el ojo percibe.

Hecha la identificación del color, se anotan los resultados obtenidos y se transfieren a una tabla de Microsoft® Excel, donde los valores cromáticos de X, Y, Z son transformados en las coordenadas x, y mediante las ecuaciones matemáticas mencionadas en el marco teórico. Finalmente, los valores de dichas coordenadas son trasladados al diagrama de color CIE 1931.

ESPECTROFOTÓMETRO

El espectrofotómetro utilizado en el experimento corresponde al modelo X-Rite® CI62L+RTL,²⁹ que permite obtener valores en L*a*b*.

Es de fácil uso, siendo necesario realizar una ligera presión sobre la muestra (en un movimiento similar al de una grapadora) para efectuar la caracterización. Lamentablemente, las dimensiones de las muestras han sido incompatibles con el área de medición del aparato, al presentar una medida inferior.

METODOLOGÍA

Para establecer la metodología a seguir en el diseño experimental se han tenido en cuenta las recomendaciones de la norma española UNE-EN 15886. Sin embargo, tanto las características de los aparatos como la naturaleza de las muestras empleadas en este estudio han condicionado la elección de las opciones, no pudiendo escoger a menudo la más recomendada.

En cuanto a la selección de las probetas, y debido al número limitado de estas, se han escogido las muestras más representativas.

Respecto al número de puntos de caracterización del color, la norma establece que debe adaptarse al tipo de muestra. En este trabajo, y partiendo de bibliografía consultada,³⁰ se ha decidido realizar tres mediciones por cada punto de color a identificar. En el caso del lector-comparador, y al haber seleccionado el área de medición más pequeña (2 mm), se han elegido tres puntos de color dentro de la misma cara de la tesela.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

El procedimiento ha consistido en:

1- Selección de las muestras a caracterizar y recogida de datos. Muestras correspondientes a 33 teselas de 12 tipos de tonalidades diferentes pertenecientes al mosaico de la villa del Pont del Treball, entregadas en depósito por el *Servei d'Arqueologia de Barcelona*. Se ha procedido a otorgar una nueva nomenclatura a cada muestra.

2- Toma de medidas y documentación fotográfica de las 6 caras de las teselas.

3- Selección de la cara de la tesela más adecuada para la realización del estudio. Se ha priorizado la más homogénea cromáticamente y/o aquella que resultaría "vista" o "pisada" en el pavimento original, descartando las caras con restos de concreciones y morteros en el nivel superficial y alteraciones superficiales.

4- Documentación fotográfica.

5- Procedimiento de caracterización del color.

A pesar de seleccionar inicialmente 12 teselas y caracterizarlas con el método *Munsell® Soil Color Charts*, a causa de la

limitación de tiempo del trabajo, en el resto de aparatos se ha reducido el estudio científico a 6 teselas.

CARTA MUNSELL® SOIL COLOR CHARTS

El procedimiento ha consistido en comparar la cara de la tesela seleccionada con el color más parecido de la carta Munsell®. Dado que hay teselas con distintas tonalidades, al presentar vetas, se han identificado todos los colores presentes. Se ha empleado este método de caracterización tanto en las teselas de la villa del Pont del Treball como en las de Can Cabassa.⁹ [pág. 79]

El resultado ha sido la elaboración de un listado donde figuran tanto los valores alfanuméricos Munsell® como también la denominación "verbal" del color. Esta ha sido traducida del inglés, utilizando el portal del TERMCAT (*Centre de Terminologia Catalana*), concretamente, una herramienta llamada Cercaterm.³¹

LECTOR-COMPARADOR DE COLOR X-RITE® CAPSURE

El lector-comparador X-Rite® Capsure empleado en este estudio lleva incorporadas dos cartas que permiten obtener dos tipos de valores. Por un lado, la carta NCS (con 1.950 colores), reconocida como Norma UNE 48103³² por AENOR,³³ a través de la cual se obtienen los valores L*a*b*.³⁴ Por otra parte, la *Munsell® Book of Color* que cuenta con los dos volúmenes correspondientes a la edición mate de 1.602 colores y la edición brillante de 1.301.

Como utillaje de medición, se han utilizado el lector-comparador y la carta de color *Munsell® Soil Color Charts* para verificar el resultado Munsell® obtenido. En primer lugar, se han elegido los tres puntos más homogéneos y representativos cromáticamente, marcándolos en la fotografía ampliada. A continuación, se ha seleccionado la carta de colores escogida. La obtención de los valores L*a*b* y Munsell®, desgraciadamente, no es simultánea: se debe realizar primero la medición con una carta y, posteriormente, seleccionar la otra.¹⁰ [pág. 79]

COLORÍMETRO DE SOBREMESA COLOR TESTER LFM 1 NEURTEK

El colorímetro de sobremesa Color Tester LFM 1 Neurtek S.A. presenta varios hándicaps. La primera dificultad está en las dimensiones del área de medición, que es de 20 x 30 mm. Las muestras a identificar deben ser insertadas en un receptáculo cilíndrico de plástico, que coincide con la apertura de medición del colorímetro. Esto conlleva que aquellas que no son totalmente regulares, no quedan planas y se mueven. Es por esto que ha sido necesario idear un soporte que inmovilizara la muestra y evitase la posible fuga de luz. Para determinar el tamaño idóneo del área de medición a diseñar se han hecho pruebas de caracterización del color de uno estándar,³⁵ imitando las prestaciones de los nuevos colorímetros de laboratorio con áreas de 3, 6 y 8 mm. Al ubicar los resultados obtenidos en el diagrama de color CIE 1931, se ha comprobado que el área de 8 mm era la más rigurosa.¹¹ [pág. 79]

A continuación, se ha procedido a realizar las lecturas del color de cada tesela con los tres filtros correspondientes (X, Y, Z).

ESPECTROFOTÓMETRO X-RITE® CI62L+RTL

El área de medición del aparato, de 14 mm, ha sido una desventaja. Debido a las dimensiones reducidas de las teselas en estudio y las de la base del espectrofotómetro ha sido necesario idear una base con el mismo espesor de la muestra a analizar, para poder apoyar el instrumento.

²⁹ X-RITE®. *Espectrofotómetro CI62L+RTL. Guía de uso* [En línea]. <https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/manuals_and_userguides/ci/ci62Lrtl_manual_es.pdf> [Consulta: 12 enero 2019].

³⁰ COBA PEÑA, A. C. [et al.]. "Reconstrucción virtual de color sobre la policromía del alfarje y yeserías del patio de las Doncellas". *PH* (2016), nº 7, p. 1-23. Disponible en línea en: <<http://www.iaph.es/phinvestigacion/index.php/phinvestigacion/article/view/4071>> [Consulta: 23 enero 2018].

³¹ CERCATERM. [En línea]. <<https://www.termcat.cat/ca/cercaterm>> [Consulta: 12 enero 2019]. Es una herramienta que permite hacer todas las consultas sobre dudas en la traducción de las palabras.

³² Norma de pinturas y barnices. Cuenta con un documento, el UNE 48103-2, dedicado a la medición del color.

³³ Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

³⁴ También se pueden obtener resultados en RGB y CMYK.

³⁵ Correspondiente al color verde de la carta *Grey and color test chart* (marca JOBBO).

Las teselas de Can Cabassa también han sido caracterizadas, tanto con este método como con el *Munsell® Soil Color Charts*. Sin embargo, únicamente ha sido posible identificar el color de 7 teselas de las 11, debido a sus dimensiones inferiores a 10 mm. ¹² [pág. 79]














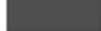





RESULTADOS

Caso práctico 1: Mosaico de la villa del Pont del Treball

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la caracterización del color de las teselas de la villa del Pont del Treball. Cabe recordar que se han identificado 12 muestras con la *Munsell® Soil Color Charts*, concretando el uso de otros métodos únicamente en 6 teselas.

³⁶ Es el color más parecido aunque no se corresponde totalmente.

³⁷ Obtenida a partir de la carta *Munsell® Soil Color Charts*.

Denominación ESCRBC	HUE	VALUE	CHROMA	Denominación color (inglés)	Denominación color (castellano)	
T.1.2.E	2.5 Y	8	1	<i>White</i>	Blanco	
T.2.3.C	10 R	5	3	<i>Weak red</i>	Rojo suave	
T.3.1.C	2.5 YR	6	8	<i>Light red</i>	Rojo luminoso	
T.4.3.C (claro)	2.5 YR	4	2	<i>Weak red</i>	Rojo suave	
T.4.3.C (oscuro)	GLE Y1	3	N	<i>Very dark gray</i>	Gris muy oscuro	
T.5.1.C.	7.5 YR	6	6	<i>Reddish yellow</i>	Amarillo rojizo	
T.6.3.C	2.5 Y	7	1	<i>Light gray</i>	Gris clar	
T.7.2.A (claro)	GLE Y2	7	5B	<i>Bluish gray</i>	Gris azulado	
T.7.2.A (oscuro)	GLE Y2	6	5B	<i>Bluish gray</i>	Gris azulado	
T.8.2.B (lila) ³⁶	10 R	5	2	<i>Weak red</i>	Rojo suave	
T.8.2.B (rosa pálido)	5YR	8	2	<i>Pinkish white</i>	Blanco rosado	
T.8.2.B (amarillo)	7.5YR	8	2	<i>Pinkish white</i>	Blanco rosado	
T.11.1.C	2.5Y	7	1	<i>Light gray</i>	Gris claro	
T.11.1.C	10YR	7	1	<i>Light gray</i>	Gris claro	
T.12.2.F (marrón)	10YR	6-7	2	<i>Light gray</i>	Gris claro	
T.12.2.F (lila)	10R	5	3	<i>Weak red</i>	Rojo suave	
T.13.1.C (claro)	5Y	6	1	<i>Gray</i>	Gris	
T.14.3.C (oscuro)	GLE Y1	4	N	<i>Dark gray</i>	Gris oscuro	
T.14.3.C (veta clara)	GLE Y1	6	10Y	<i>Greenish gray</i>	Gris verdoso	

Resultados obtenidos con la carta *Munsell® Soil Color Charts*: valores alfanuméricos y denominación verbal (Gráfico: L. Andino).

Denominación ESCRBC	HUE	VALUE	CHROMA	BRIGHTNESS	Inglés	Castellano
T.1.2.E	5 Y (1 y 2) 10 YR (3)	8 (1.1, 3) 8.5 (2) 7 (1.2, 1.3)	1	M (1.1, 2) G (1.2, 1.3)		
T.2.3.C	5 YR	6	2	G	<i>Pinkish gray</i>	Gris rosado
T.3.1.C	2.5YR (1) 7.5YR (2) 5YR (3)	6	4 (2) 6 (1 y 3)	G (1) M (2 y 3)		
T.5.1.C	7.5 YR	6	4 (1) 6 (2 y 3)	M	<i>Reddish yellow</i>	Amarillo rojizo
T.6.3.C	10 YR	7	2	M		
T.14.3.C (oscuro)	5Y (1) 10YR (2,3)	5 (1) 4 (2, 3)	1	M	<i>Dark gray</i>	Gris oscuro
T.14.3.C (veta clara)	10YR (1,3) 5Y (2)	5	1	G		

Resultados obtenidos con el lector-comparador X-Rite® Capsure a partir de la carta *Munsell®*: valores alfanuméricos y denominación verbal³⁷ (Gráfico: L. Andino).

Denominación ESCRBC	NCS (PUNTOS DE MEDICIÓN)	L*	a*	b*
T.1.2.E	S 3005-G80Y (punto 1 ¹)	71.62	-1.65	8.52
	S 2005-Y50R (punto 1 ² , 1 ³)	77.41	2.21	7.36
	S S 1505-Y (punto 2)	83.86	- 0.78	10.12
	S 1505-Y30R (punto 3)	83.27	1.69	10.07
T.2.3.C.	S 4010-Y70R (1 ¹ , 2)	59.18	8.09	8.39
	S 5010-Y50R (1 ² , 1 ³ y 3)	60.85	7.12	11.09
	S 5010-Y50R (2)	51.72	6.82	11.46
T.3.1.C.	S 3030-Y50R (1, 3)	60.41 (1, 3)	20.45 (1, 3)	25.96 (1, 3)
	S 3030-Y40R (2)	60.51(2)	17.56 (2)	28.82 (2)
T.5.1.C.	S 3030-Y40R (1)	60.51 (1)	17.56 (1)	28.82 (1)
	S 3030-Y30R (2, 3)	62.07 (2, 3)	13.95 (2, 3)	30.27 (2, 3)
T.6.3.C.	S 3005-Y20R (1, 2 y 3)	69.27	1.38	10.02
T.14.3.C (oscuro)	S 5502-Y (1)	50.65	0.01	4.03
	S 6502-Y (2 y 3)	42.47	-0.06	3.53
T.14.3.C (claro)	S 5005-Y50R (1, 2 y 3)	53.75	3.40	6.45

Resultados obtenidos con el lector-comparador X-Rite® Capsure a partir de la carta NCS: valores alfanuméricos y L*a*b* (Gráfico: L. Andino).

Una vez obtenidas las coordenadas x e y, se ha procedido a cuadrar el diagrama de color CIE 1931. Mediante el uso del programa informático Adobe® Photoshop se ha localizado la muestra en el espacio de color, partiendo del punto de intersección de ambas coordenadas. ¹³ [pág. 82]

³⁸ Ver el apartado de aplicaciones en conservación-restauración.

Según los resultados obtenidos con el colorímetro de sobremesa, y vista la ubicación de las muestras en el diagrama de color, se plantean varias dudas. Por una parte, ¿son los resultados finales suficientemente exactos y rigurosos? ¿Es este tipo de muestra compatible con las características técnicas del aparato? Si se parte de la suposición de que los resultados son correctos, ¿puede darse que el mismo diagrama de CIE 1931 sea un espacio de color limitado? Prueba de ello es que las 6 teselas están situadas en la misma zona. En el caso de la tesela T.3.1.C, debería estar situada claramente en el área del naranja (*orange*) o amarillo naranja (*orange yellow*).

	L value (SPIN) LAB	A value (SPIN) LAB	B value (SPIN) LAB	L value (SPEX) LAB	A value (SPEX) LAB	B value (SPEX) LAB
T.1.2.E	77,4499	0,4096	9,3773	77,4284	0,4146	9,4366
T.2.3.C	53,9666	7,6042	13,3632	53,8281	7,5516	13,3864
T.3.1.C	56,5002	12,9049	21,3865	56,4162	12,9229	21,3447
T.5.1.C	57,6485	12,186	27,1757	57,5577	12,2222	27,1571
T.6.3.C	66,0472	3,1115	12,2545	65,7194	3,0564	12,1732
T.14.3.C	45,1025	0,8073	5,6141	44,6572	0,7873	5,4662

Resultados obtenidos con el espectrofotómetro X-Rite® Ci62+RTL (Gráfico: L. Balust).

Respecto a los valores L*a*b obtenidos mediante el espectrofotómetro X-Rite® Ci62+RTL, y no pudiendo disponer del software o programa necesario para ubicarlos en el espacio de color CIELAB, no ha sido posible su representación en un espacio de colores. De todos modos, han sido incluidos en la propuesta de presentación de la paleta cromática del mosaico de la villa del Pont de Treball.³⁸

Caso práctico 2: fragmentos de mosaico de Can Cabassa

Las teselas pertenecientes al mosaico de Can Cabassa únicamente han sido caracterizadas con la *Munsell® Soil Color Chart* y el espectrofotómetro X-Rite® Ci62+RTL, ya que el objetivo de su identificación era descubrir otros usos de la colorimetría en el campo de la conservación-restauración, y no comparar de nuevo los diferentes métodos entre sí.

Denominación ESCRBC	HUE	VALUE	CHROMA	Denominación color (inglés)	Denominación color (catalán)
T.1	10YR	8	1	White	Blanc
T.2	10YR	6	6	Reddish yellow	Groc vermellós
T.3	5YR	5 5	4 6	Reddish brown Yellowish red	Marró vermellós Vermell groguenc
T.4	2.5YR	5	4	Reddish brown	Marró vermellós
T.5	10R	4 5	2 2	Weak red	Vermell suau
T.6	10R	5 6	4 4	Weak red Pale red	Vermell suau Vermell pàl·lid
T.7	10YR	6	4	Light yellowish brown	Marró clar groguenc
T.8	2.5Y	5	3	Light olive brown	Marró oliva clar
T.9	10YR	4 5	2 1	Dark grayish brown Gray	Marró fosc grisenc Gris
T.10	10YR	3 4	1 1	Very dark gray Dark gray	Gris molt fosc Gris fosc
T.11	GLE Y1	4	N	Dark gray	Gris fosc

Resultados obtenidos con la carta *Munsell® Soil Color Charts*: valores alfanuméricos y denominación verbal (Gráfico: L. Andino).

Denominación ESCRBC	L value (SPIN) LAB	A value (SPIN) LAB	B value (SPIN) LAB	L value (SPEX) LAB	A value (SPEX) LAB	B value (SPEX) LAB
T.1	78,2868	2,2596	12,6911	77,6263	2,3265	12,7208
T.2	54,43	10,3739	28,1511	54,3478	10,4851	28,123
T.3	51,0456	13,2673	21,3596	50,8875	13,141	21,2601
T.4	53,1144	8,4085	12,5879	53,0599	8,3877	12,5636
T.5	54,3757	12,9671	16,7683	53,8416	13,4061	17,1466
T.9	43,753	2,6888	7,7735	43,7267	2,6837	7,7762
T.11	39,9643	0,4804	2,161	39,9581	0,4792	2,1718

Resultados obtenidos con el espectrofotómetro X-Rite® Ci62+RTL (Gráfico: L. Balust).

Únicamente se han podido caracterizar con el espectrofotómetro 7 de los 11 colores, debido a las dimensiones reducidas de las teselas, iguales o inferiores a 10 mm².

³⁹ BOUBAYA, A. F. "Définition des couleurs dans la restauration des mosaïques romaines". En: *Couleurs et temps. La couleur en conservation et restauration. 12es journées d'études de la SFIIIC, Paris, Institut national du patrimoine, 21-24 juin 2006*, París: SFIIIC, 2006, p. 169-176.

⁴⁰ Según la *Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)*, "la fotogrametría y la teledetección son el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información fiable a partir de imágenes sin contacto directo y otros tipos de sensores sobre la Tierra y su entorno, y otros objetos y procesos físicos, la grabación, medición, análisis y representación". ISPRS. [En línea] <<http://www2.isprs.org/commissions.html>> [Consulta: 10 mayo 2019].

⁴¹ El único programa que permite la introducción de valores $L^*a^*b^*$ es el Adobe® Photoshop, sin embargo, no permite la introducción de decimales.

⁴² MACCHIAROLA, M.; [et al.]. "Conservazione musiva e conoscenza: un binomio imprescindibile. Esempi di interventi in situ e in laboratorio". A: *10ª Conferenza del Comitato Internazionale per la conservazione dei mosaici. Palermo, 20-26 October 2008*. Palermo: Assessorato dei beni culturali e dell'identità siciliana-Dipartimento dei beniculturali e dell'identità siciliana, 2014, p. 162-173.

⁴³ Comunicación personal [Consulta: 24 abril 2019].

⁴⁴ COBA PEÑA, A. C. [et al.]. "Reconstrucción virtual de color...", p. 1-23.

⁴⁵ En el caso de la reconstrucción virtual de color sobre la policromía del artesanado y yeserías del patio de las Doncellas del Real Alcázar de Sevilla, la conservadora-restauradora Ana Cristina Coba y su equipo optaron por esta solución. Comunicación personal con Ana Cristina Coba [Consulta: 24 abril 2019].

CONCLUSIONES SOBRE LOS MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DEL COLOR

Las cartas *Munsell® Soil Colors Charts* son un método simple, económico y portátil, pudiendo ser utilizadas en muestras de cualquier dimensión. Además, su denominación "verbal" aporta una información extra, ya que ofrece una descripción más rigurosa. Como aspecto negativo, no deja de ser un sistema subjetivo, ya que es el ojo el que dictamina qué color estándar es más similar al original. En la misma línea, cabe comentar que se trata de un método limitado, ya que la versión del año 2000 cuenta con 322 colores, con un abanico reducido en el caso de blancos y grises.

El lector-comparador X-Rite® Capsure es un aparato sencillo pero polivalente, al disponer de unas prestaciones muy interesantes, como son los diferentes tamaños del área de medición y la opción de la pantalla *Video Preview*, que facilita el control del punto exacto de caracterización en todo momento. Por otra parte, el hecho de llevar incorporadas varias cartas de color, permite obtener diferentes valores. Como punto en contra, como en el caso del uso de la carta *Munsell® Soil Colors Charts*, el resultado se obtiene partiendo de unos colores patrones. Pero, a diferencia de las cartas, el lector-comparador no adjunta ninguna denominación "verbal".

Ambos métodos están reconocidos y resultan más económicos que los de medición de luz y color: el colorímetro y el espectrofotómetro. No obstante, estos últimos son más rigurosos, ya que proporcionan los valores exactos de la muestra y no los de un patrón similar.

En cuanto al colorímetro de sobremesa Color Tester LFM 1 Dr. Lange, sus cualidades técnicas han resultado un obstáculo. Al tratarse de un aparato de laboratorio, requiere que la muestra cuente con unas características determinadas (superficie regular, tamaño, opacidad, etc.). Respecto a la denominación "verbal" del color obtenida al situar los resultados en el diagrama CIE 1931, es más general que la adquirida mediante el sistema *Munsell® Soil Colors Charts*.

El espectrofotómetro X-Rite® Ci62+RTL, a pesar de ser portátil y fácil de usar, es voluminoso y requiere una superficie plana donde apoyarlo para poder realizar la medición. En el caso de las teselas de la villa del Pont del Treball se han identificado todas, aunque no se haya podido verificar si su ubicación en el espacio CIELAB se corresponde con el color de las muestras.

Tanto en el caso del colorímetro como en el del espectrofotómetro las áreas de medición de los aparatos han supuesto un problema, debido a los tamaños reducidos de las muestras.

APLICACIONES EN LA CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN DE MOSAICOS

DOCUMENTACIÓN: DESCRIPCIÓN DEL COLOR

El estudio de las teselas de la villa del Pont del Treball y las mediciones obtenidas han permitido obtener una información que puede convertirse en un apartado importante en su documentación. Pero, entonces, surge el dilema: ¿cómo y qué información se da?

Un estudio a tener en cuenta es *Le triomphe indien de Dionysos: Étude descriptive et iconographique d'une mosaïque de Sétif*.³⁹ Realizado en 2004 por Virginie Weinmann, en él se analizan los diferentes colores presentes en este mosaico polícromo de Argelia a través de la fotogrametría.⁴⁰

Por tanto, una propuesta podría ser mostrar la fotografía general del mosaico y optar, o bien por incluir fotografías indivi-

dualizadas de las teselas que lo conforman, o por representar el color de cada una de ellas.⁴¹ En el caso de la primera opción, el rigor en la captación del color dependerá de la calibración de la cámara fotográfica, mientras que en ambos casos se pueden producir variaciones en el tipo de salida del archivo generado (monitor del ordenador, *software*, impresora...).

Pero, ¿y si las fotografías fueran complementadas con los valores obtenidos de la caracterización del color? ¿Qué datos se deben mostrar? Las cartas *Munsell®* podrían aportar, aparte del parámetro alfanumérico, una denominación "verbal" del color.⁴² Sin embargo, no se deja de hacer referencia a un color patrón. Por este motivo, y dado que los valores $L^*a^*b^*$ se pueden obtener a partir de varios aparatos de identificación del color, ¿sería útil facilitar este dato? La respuesta podría ser afirmativa, siempre que se especifiquen las características técnicas del instrumento (la geometría de medición, la reflexión especular, el área de medición, el observador estándar, el tipo de iluminante y el espacio de color) y se pudiesen ubicar los resultados en un espacio de color.

La imagen ¹⁴ muestra la propuesta de presentación de los datos obtenidos a partir de la caracterización del color de las teselas del mosaico del Pont del Treball, con la *Munsell® Soil Color Charts*, y los resultados conseguidos con el espectrofotómetro Ci62L+RTL X-Rite®, correspondientes al espacio CIE $L^*a^*b^*$. ¹⁴ [pág. 85]

CLASIFICACIÓN Y REINTEGRACIÓN

Mediante el uso de la carta *Munsell® Soil Color Charts* se han podido identificar los diferentes colores del mosaico de Can Cabassa, a partir de teselas sueltas que se conservan, llegando a crear la paleta del mosaiquista.

Pero, ¿qué utilidad puede tener este sencillo ejercicio? En opinión de uno de los directores de la excavación arqueológica de la villa del Pont del Treball, el arqueólogo Jordi Ardiaca,⁴³ esta información puede facilitar la contabilización de teselas sueltas encontradas en el yacimiento, datos recogidos en la memoria arqueológica final y, por otra parte, facilitar la elección de las teselas a escoger para un posible análisis litográfico.

En el ámbito de la conservación-restauración, la elaboración de un muestrario con los diferentes colores presentes puede facilitar la clasificación de las teselas sueltas después del proceso de limpieza, como material necesario en una futura reintegración de lagunas. ¹⁵ [pág. 85]

RECREACIONES GRÁFICAS Y VIRTUALES

En un momento en que la representación virtual y las herramientas tecnológicas están cobrando mucha importancia, ¿qué aplicación práctica podría tener el conocer el color de las teselas de un mosaico? En aquellos casos en los cuales se conservan pocos fragmentos y se quiere hacer una recreación gráfica de cómo debía ser la decoración original, conocer el color puede convertirse en un dato esencial.

Si fuera el propio conservador-restaurador quien quisiese hacer una hipótesis gráfica de la decoración, el único programa que permite introducir valores CIE $L^*a^*b^*$ es Adobe® Photoshop. Sin embargo, a pesar de ser empleados en diferentes estudios,⁴⁴ este programa no admite la introducción de decimales y obliga a redondear el dato a insertar.⁴⁵ Hay que recordar, sin embargo, que el color representado no será exactamente el original, sino uno próximo. Para obtener resultados en $L^*a^*b^*$ se debería recurrir al uso de un colorímetro o espectrofotómetro.

Para realizar una prueba de la posible aplicación en recreaciones gráficas, se ha tomado como muestra el mosaico de Can Cabassa. Partiendo de la hipótesis de decoración propuesta por Marina Ramisa⁴⁶ en su trabajo final, se han introducido los valores L*a*b* de los colores correspondientes de las teselas T.1, T.9 y T.11 en la paleta de color de Adobe® Photoshop, a través de la herramienta “selector de color (color frontal)”, obteniendo el siguiente resultado: **16** [pág. 86]

Otra línea de estudio en la aplicación de la colorimetría pueden ser las recreaciones virtuales realizadas con programas de 3D.⁴⁷ Mediante la realización de mediciones de color de determinados puntos se pueden obtener datos en L*a*b*/L*c*h que son cotejados con aquellos obtenidos mediante la fotografía.

CONTROL DEL COLOR DURANTE LAS INTERVENCIONES DE CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN

A pesar de haber participado en el control colorimétrico de un mosaico de Barcelona durante su intervención, no ha habido suficiente recorrido en el tiempo para poder hacer una valoración.

Sin embargo, y dado que la aplicación de la colorimetría cómo método de control en ciertas intervenciones de conservación-restauración de mosaicos se está consolidando como una nueva línea de trabajo, se ha creído necesario hacer referencia a conclusiones extraídas a partir de otros estudios.

No parece tener mucha utilidad en procesos de limpieza,⁴⁸ dado que la remoción de suciedad conlleva, con toda probabilidad, un cambio evidente. Sin embargo, esta ciencia se ha empleado a menudo como parte de la documentación.

Por otra parte, la monitorización puede ser determinante en procesos de desalación⁴⁹ y consolidación, especialmente durante las pruebas de elección del producto a utilizar, donde se debe evitar en lo posible la variación de color. En la misma dirección, puede ser una herramienta interesante en la reintegración volumétrica con morteros coloreados.⁵⁰

DISCUSIÓN FINAL

El color es una asignatura pendiente en la conservación-restauración de mosaicos: desde su descripción, en la que se debe huir de denominaciones subjetivas y aspirar a caracterizarlo con rigor, hasta su aplicación en el proceso de intervención, convirtiéndose en una herramienta de control y de documentación.

Pero ¿por dónde comenzar un estudio colorimétrico aplicado a un mosaico? Una vez realizado el experimento y analizados los resultados y las conclusiones, estos deberían de ser los planteamientos previos a cualquier estudio del color:

- ¿Qué se quiere caracterizar? El tipo de material, las dimensiones de la pieza, las características de la superficie, el estado de conservación, etc.

- ¿Dónde está ubicada la pieza objeto del estudio?

- ¿Qué aparato y nivel de rigor se necesita? ¿Qué presupuesto económico se tiene?

- ¿Qué valores se quieren obtener? ¿Según el color original o el color patrón?

- ¿Cómo describir el color? ¿Es necesaria su denominación verbal? ¿Qué grado de especificación se necesita?

- ¿Qué aplicación se busca en conservación-restauración?

Una vez resueltas estas preguntas, solo queda desear que en un futuro la colorimetría se convierta en una herramienta más a utilizar en procesos de conservación-restauración de mosaicos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a la conservadora-restauradora del *Servei d'Arqueologia de Barcelona*, Montserrat Pugès, quien me planteó el tema de la caracterización del color y me permitió participar en un proyecto⁵¹ que significó el punto de partida de esta aventura.

Dar las gracias por la ayuda recibida en la elaboración de este trabajo a los siguientes profesores de la ESCRBCC: Imma Hernández, Lúcia Balust y Àlex Prunés. A mi tutora, Sílvia Franch, agradecerle que me animara a ir más allá del ensayo científico e investigase sobre las posibles aplicaciones prácticas. Hacer una mención muy especial a la profesora de biología Rosa Rocabayera, que ha sido mi mentora en este tema tan apasionante pero complejo. Por su paciencia, por sus ánimos y por su fe en este trabajo.

Agradecer al arqueólogo Jordi Ardiaca la opinión dada sobre la utilidad del estudio. Finalmente, a las colegas conservadoras-restauradoras daros las gracias por todo el apoyo recibido.

IMÁGENES

1 Espectro visible (Imagen extraída de: WIKIMEDIA COMMONS. *Electromagnetic spectrum-es.svg* [En línea] <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1793461>>. [Consulta: 17 marzo 2019]).

2 Sistema de color Munsell® estructurado en torno a los atributos del color (Imagen extraída de: WIKIPEDIA. *Munsell® color System* [En línea] <https://en.wikipedia.org/wiki/Munsell_color_system#/media/File:Munsell-system.svg> [Consulta: 23 enero 2019]).

3 Espacio de color CIE 1931 (Imagen extraída de: WIKIPEDIA. *Espacio de color CIE 1931* [En línea] <https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_de_color_CIE_1931#/media/File:CIE-1931_diagram_in_LAB_space.svg> [Consulta: 25 mayo 2016]).

4 Diferencias entre el espacio CIELab (A) y el espacio CIELch (B) (Fotografía extraída de: PALAZZI, S. *Colorimetria. La scienza del colore nell'arte e nella tecnica*. Fiesole (Italia): Nardini Editore, 1995, p. 50).

5 Fragmento del mosaico del Pont del Treball (Fotografía: L. Andino).

6 Fragmento del mosaico de Can Cabassa (Fotografía: L. Andino).

7 Cuadro comparativo de las características técnicas de los métodos utilizados. En cuanto a la naturaleza de la muestra a caracterizar, hay que comentar que la mayoría de aparatos requieren que estas estén limpias, secas y, preferiblemente sean planas, obteniendo mejores resultados si la superficie es opaca.

8 Ejemplo de caracterización de la tesela T.5.1.C. mediante la carta *Munsell® Soil Color Charts* (Fotografía: L. Andino).

9 Fotomontaje de las fotografías de las teselas de la villa del Pont del Treball, caracterizadas con la carta *Munsell® Soil Color Charts* (Fotografías: L. Andino, realizadas con el objetivo TAMRON 90mm, F/2.8 MACRO).

⁴⁶ RAMISA, M. *El mosaic romà de Can Cabassa...*, p. 61.

⁴⁷ CIPRIANI, L.; FANTINI, F.; PALADIN, B. “Dalla texture del colore apparente alla BRDF delle superfici dei mosaici: il caso di studio della pavimentazione del Doumo di Ravenna”. En: *Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari. Vol. XI. Atti della Undicesima Conferenza del Colore*. Milán: Gruppo del Colore. Associazione Italiana Colore, 2015, p. 53 (Quaderni di ottica e fotonica ; 6). També disponible en línea en: <http://www.gruppodelcolore.it/Docs/ColoreColorimetriaVOLIXIA_ITA_REV_pro.pdf> [Consulta: 23 marzo 2018].

⁴⁸ ALBERGHINA, M. F. [et al.]. “Impiego della Principal Component Analysis per l'analisi statistica su dati colorimetrici di tessere musive pavimentali progetto con sorgenti colorate al neon”. *Cultura e scienza del colore. Rivista dell'Associazione Italiana Colore*. (2015), n° 3, p. 4-11. También disponible en línea en: <http://jcolore.gruppodelcolore.it/numeri/pdf/R0315_v11_06_2015_INTERACTIVE_SECURED.pdf> [Consulta: 28 noviembre 2018].

⁴⁹ PRESTILEO, F. [et al.]. “Colorimetric investigations for the planned maintenance of the Roman Villa del Casale mosaics in Piazza Armerina (Enna)”. En: *10ª Conferenza del Comitato Internazionale per la conservazione dei mosaici. Palermo, 20-26 October 2008*. Palermo: Assessorato dei beni culturali e dell'identità siciliana-Dipartimento dei benculturali e dell'identità siciliana, 2014, p. 74.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 73.

⁵¹ Estudio encargado por el *Servei d'Arqueologia*: ANDINO, L. *Informe sobre l'estudi colorimètric...*

- 10 Mesa de trabajo durante las mediciones de las teselas de la villa del Pont del Treball con la carta de color *Munsell® Soil Color Charts* (Fotografía: L. Andino).
- 11 Vista del colorímetro de sobremesa, con los cartones a medida correspondientes a las áreas de 3, 6 y 8 mm (Fotografía: L. Andino).
- 12 Vista de la base elaborada durante el proceso de identificación del color con el espectrofotómetro (Fotografía: L. Andino).
- 13 Gráfico en el cual se ubican los valores obtenidos mediante el color tester LFM1 Dr. Lange (Gráfico extraído de: WIKIPEDIA. *Espacio de color CIE 1931* [En línea] <https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_de_color_CIE_1931#/media/File:CIE-1931_diagram_in_LAB_space.svg> [Consulta: 25 mayo 2016]. Imagen modificada con Adobe® Photoshop por L. Andino).
- 14 Propuesta de presentación de la paleta cromática del mosaico de la villa del Pont del Treball (Fotografía del mosaico: L. Andino, *Servei d'Arqueologia*, extraída de: LLOBET, S.; MAILAN, À. "LAV accessos a l'estació de la Sagrera". *Anuari d'arqueologia i patrimoni de Barcelona 2012*". (2012), p. 199. Fotografías de las teselas: L. Andino. Imágenes modificadas con Adobe® Photoshop).
- 15 Clasificación de las teselas de Can Cabassa según la carta *Munsell® Soil Color Charts* (Fotografía: L. Andino).
- 16 Prueba de recreación gráfica de un motivo del mosaico de Can Cabassa (Gráfico: M. Ramisa. Imagen modificada con Adobe® Photoshop).

BIBLIOGRAFÍA

ALDROVANDI, A.; PICOLLO, E. M. "Misure di colore su modelli pittorici: confronto interstrumentale". En: *Colorimetria e beni culturali. Atti dei convegni di Firenze 1999 e Venezia 2000*. Florencia: Società italiana di ottica e fotonica-Centro editoriale toscano, 2000, p. 20-28.

BOUST, C., EZRATI, J.J. "La mesure de la couleur appliquée à la restauration, à la présentation et à la diffusion des oeuvres d'art". *Techné*. (2007), nº 26, p. 111-118. También disponible en línea en: <http://c2rmf.fr/sites/preprod.c2rmf.fr/files/boust-ezrati_techne_t26_13.pdf> [Consulta: 28 diciembre 2018].

CHRISTIE, R. M. *La química del color*. Zaragoza: Editorial Acribia, 2001.

LLOBET, S.; MAILAN, À. "LAV accessos a l'estació de la Sagrera". *Anuari d'arqueologia i patrimoni de Barcelona 2012*. (2012), p. 198-204.