

ALTERACIONES CROMATICAS EN CALIZAS POR EFECTO DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL

M.I. Sánchez de Rojas, N. García¹, M. Frías, A. L. Muñoz, J. Rivera y V. Azorín
Instituto Eduardo Torroja (CSIC)
¹ CLAR Rehabilitación S.L.

Resumen

En las ciudades un porcentaje elevado de edificios presentan un aspecto exterior con diversos niveles de degradación y suciedad.

La determinación del color de una fachada no es sólo importante bajo un punto de vista estético, hay que considerar, también, que cualquier cambio que en ella se produzca puede ser un indicador de la existencia de variaciones en las características de los materiales.

Los materiales calizos pueden sufrir alteraciones al entrar en contacto con un medio agresivo, como puede ser el agua de lluvia alterada por efectos de la contaminación ambiental.

Este trabajo se basa en el control cromático en edificios construidos con materiales calizos, cuantificando las variaciones de color mediante un espectrofotómetro portátil, que permite procesar los resultados obtenidos para establecer las evoluciones en la tonalidad, luminosidad y intensidad del color.

Palabras claves: Fachadas, deterioro cromático, materiales calizos, contaminación ambiental.

1.- Introducción

En las ciudades, un porcentaje elevado de edificios presentan un aspecto exterior con diversos niveles de degradación y suciedad. Este deterioro se produce mayormente en las zonas más expuestas, es decir en las fachadas.

La determinación del color de una fachada no es sólo importante bajo un punto de vista estético, hay que considerar, también, que cualquier cambio que en ella se produzca puede ser un indicador de la existencia de variaciones en las características de los materiales, que en muchos casos, conlleva procesos de alteración. Por otro lado, toda intervención que lleve aparejada tratamientos en fachadas tiene que venir avalada por estudios de estabilidad del color en el tiempo, ya que los productos de restauración pueden verse afectados por la luz ultravioleta (1, 2 y 3).

Los materiales calizos, por su composición química, pueden sufrir alteraciones al entrar en contacto con un medio agresivo, como puede ser el agua de lluvia ácida procedente de la contaminación ambiental.

El efecto de la contaminación sobre estos materiales se estudia mediante distintas técnicas instrumentales, como porosimetría de mercurio, espectrometría infrarroja, microscopía electrónica de barrido y cromatografía iónica.

En piedras calizas se ha observado la formación de costras superficiales, cuyo componente principal es yeso, debidas a la reacción del carbonato de calcio con el ácido sulfúrico formado a partir del SO_2 atmosférico (4, 5 y 6). Estas costras provocan un deterioro cromático, que repercute negativamente en la estética del edificio, aunque en muchos casos puedan actuar de barrera física ante posteriores ataques químicos, de forma que el material pétreo, una vez eliminada la costra, no esté alterado.

Este trabajo se basa en el control cromático en edificios construidos con materiales calizos, cuantificando las variaciones de color mediante un espectrofotómetro portátil de última generación, que permite procesar los resultados obtenidos para establecer las evoluciones en la tonalidad, luminosidad e intensidad del color.

2.- Estudio experimental y discusión de resultados

Para la realización de este trabajo se han empleado diferentes materiales de naturaleza carbonatada procedentes de dos edificios históricos de Madrid, ambos expuestos a altos niveles de contaminación atmosférica, por estar situados en zonas con gran afluencia de tráfico.

En el laboratorio, se analizan las costras superficiales y el material pétreo que se encuentra inmediatamente debajo, en comparación con zonas interiores de los testigos extraídos. Las técnicas utilizadas son cromatografía iónica, espectrometría infrarroja y microscopía electrónica de barrido. Con la técnica de porosimetría de mercurio se pretende poner en evidencia el deterioro de estos materiales, mediante las variaciones observadas en la distribución de los tamaños de poro (7, 8, 9 y 10).

En los edificios se realizan medidas de color, antes y después de llevar a cabo labores de limpieza. Las evoluciones en la tonalidad, luminosidad e intensidad del color indican el deterioro cromático provocado en estos edificios por efectos de la contaminación.

2.1.- Cromatografía iónica

El método empleado consiste en analizar las sales solubles en distintas muestras exteriores e interiores de los bloques (10). En las zonas externas el material pétreo se analiza junto con la costra.

De los iones analizados, solamente el contenido de sulfatos resulta significativo, los demás se encuentran en concentraciones muy bajas o no son detectados.

Como es de esperar, las muestras externas presentan un mayor contenido en sales, sulfatos principalmente, que las muestras internas. El porcentaje de sulfatos en las muestras externas llegan hasta el 3%, mientras que en las muestras internas el porcentaje no alcanza el 0,07%

2.2.- Espectroscopia Infrarroja

En los espectros de las costras (figura 1), se observan las bandas características del yeso (3550, 3400, 1620, 1140-1120, 669 y 600 cm^{-1}), procedente de la reacción del SO_2 atmosférico con los iones calcio de la caliza, así como calcita, como componente principal del material pétreo original (1795, 1435, 877 y 712 cm^{-1}). Mientras que en el espectro de las zonas internas de los bloques de piedra predominan las bandas debidas a calcita (figura 2) .

2.3.- Microscopía electrónica de barrido

En la foto 3 se muestra el aspecto de las muestras superficiales analizadas. Como puede observarse, las costras presentan cristalizaciones constituidas principalmente de azufre y calcio, según los análisis efectuados por energía dispersiva, debidas a la formación de yeso, tal y como se ha mencionado anteriormente.

2.4.- Porosimetría de mercurio

Con esta técnica instrumental se comprueba el grado de penetración del deterioro en los materiales pétreos estudiados.

Una vez eliminadas las costras superficiales, no se aprecian cambios significativos en la distribución de tamaños de poro en las muestras exteriores, con respecto a las extraídas del interior de los bloques, aunque en algunos casos se observa una leve disminución de los tamaños de poro de las muestras más externas. Este hecho puede deberse a una cierta colmatación de los poros por las sales en las zonas inmediatamente debajo de las costras de alteración.

Sin embargo, estas variaciones son muy leves e indican que el material pétreo, una vez eliminadas las costras ocasionadas por los agentes contaminantes, no ha sufrido cambios importantes en su estructura.

2.5.- Estudio del color

Las medidas de color se han efectuado en zonas contaminadas y alteradas (A) y en zonas en las que se han llevado a cabo labores de limpieza (B). Fotos 4 y 5.

La realización de las medidas de color se llevan de acuerdo con la norma prUNE 80 117. 2000 (11): “Métodos de ensayos de cementos. Determinación del color en los cementos blancos”, de forma que se utiliza como iluminante el D65 y el observador standars suplementario de 10°.

El equipo utilizado es un espectrofotómetro Minolta portátil, modelo CM2500d, que permite obtener las medidas en distintos sistemas. En este estudio el sistema utilizado es el “L* a* b*”. Este sistema está basado en la teoría de los colores complementarios, es decir, un color no puede ser verde y rojo al mismo tiempo, ni azul y amarillo. Por esta razón, estos colores son usados como los extremos del diagrama de medida en el sistema L*a*b*.

La luminosidad o value es expresada con el valor de L* mientras que hue y chroma se obtendrán a partir de los valores de a* y b*. Gráficamente, a* y b* se corresponden con los dos ejes de color: eje rojo-verde para a* y azul-amarillo para b*. Cuando el valor de L* tiende a 100, el color se aproxima al blanco mientras que valores de L* cercanos a 0 indican colores casi negros (saturación total), el centro de este diagrama es para el color gris (zona neutra).

Como es de esperar, los efectos de la contaminación ambiental influyen oscureciendo los materiales, de forma que los valores de L* en la piedra contaminada son inferiores a los correspondientes a la piedra limpia (figura 4).

Cuando se representan los valores de Luminosidad (L*) frente a los del Chroma (C*) la tendencia observada es la misma que la representada anteriormente, es decir, los valores de ambas propiedades cromáticas se agrupan de forma marcada dependiendo de la superficie sobre la que se han realizado las medidas. Como puede observarse, no se producen importantes variaciones en la cromaticidad (Chroma) a pesar de la intervención de limpieza llevada a cabo. Sin embargo, con la eliminación de la costra negra las muestras limpias presentan valores de luminosidad (L*) próximos al blanco.

Por otro lado, los valores de a* y b* como puede verse en la figura 6, indican en primer lugar, que todas las muestras presentan valores positivos de ambas coordenadas cromáticas, lo que quiere decir que las tonalidades de los materiales varían entre tonos rojos y amarillos.

El “contenido de amarillos” (coordenada b*) se mantiene aún después de llevar a cabo la limpieza de las superficies pétreas, no sucediendo lo mismo con los tonos rojos correspondientes a la coordenada cromática a*. Los materiales carbonáticos estudiados

presentan una tonalidad básica (hacia matices blanco-amarillentos) que se ve alterada por la presencia de la costra de suciedad.

Bibliografía

- 1.- GARCÍA PASCUA, N.; SÁNCHEZ DE ROJAS, M.I. ;FRÍAS M. (1996): *The important role of the colour measurement in restor works. Use of consolidants and water-repellents in sand-stone*. In J. Riederer (ed), 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 1351-1362.
- 2.- GARCÍA PASCUA, N.; SÁNCHEZ DE ROJAS, M.I. ;FRÍAS M. (1999): *Medidas de color en diferentes materiales de construcción. La restauración en edificios de arenisca*. Materiales de Construcción, Vol. 49, n. 253, 29-45.
- 3.- FORT, R.; LÓPEZ DE AZCONA, MINGARRO, F. (2002): *Assessment of protective treatments based on their chromatic evolution: limestone and granite in the Royal Palace of Madrid, Spain*. Protection and Conservation of the Cultural Heritage of the Mediterranean Cities, 437-441.
- 4.- AMOROSO, G.; FASSINA, V. (1983): *Stone decay and conservation* pp 449:
- 5.- LORUSSO, S.; TROILI, M.; BUONOCORE, F. Y MARABELLI, M. (1997): *Air pollution and historic monuments. 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*", Rodas Grecia.
- 6.- BOEKE, H.; GOEKTUERK, H.; CANER-SALTIK, E.N (1997): *The control of gypsum formation on calcareous stone surface*. 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin", Rodas, Grecia.
- 7.- FITZNER, B. (1993): *Porosity properties and weathering behaviour of natural stones methology and example*. Second Course C.U.M. University School of Monument Conservation: Stone material in monuments: Diagnosis and Conservation. Heraklion.
- 8.- GAURI, K.L.; PUNURU, A.R. (1989) *Characterization and durability of limestones determined through mercury intrusion porosimetry*. 1st International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Bari, Italia.
- 9.- GARCÍA PASCUA, N.; SÁNCHEZ DE ROJAS, M.I. ;FRÍAS M. (1995): *Study of porosity and physical properties as methods to establish the effectiveness of treatments used in two different spanish stones: limestone and sandstone*. International Colloquium Methods of Evaluating Products for the Conservation of Porous Building materials in Monuments. Rome. Italia.
- 10.- SÁNCHEZ DE ROJAS, M.I.; GARCÍA, N.; FRÍAS, M. (1999): *Influencia del medio ambiente en el deterioro de materiales calizos: estudios mediante porosimetría de mercurio*. Materiales de Construcción, Vol. 49, n. 254, 31-41.
- 11.- prUNE 80 117. 2000: *Métodos de ensayos de cementos. Determinación del color en los cementos blancos*