

**CRITERIOS DE ACTUACION EN LA LIMPIEZA Y TRATAMIENTO DE
LA PIEDRA MONUMENTAL EN LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID**

**OCTAVIO PUCHE RIART
LAZARO SANCHEZ CASTILLO**

1. INTRODUCCION

En restauración, la limpieza puede considerarse como una técnica terminal o como paso previo a otras actuaciones. En el primer caso, consiste generalmente en un raspado o en un lavado, cuyo fin es resaltar la fuerza arqueológica de los materiales antiguos. Pero lo mas lógico es que se de el segundo caso, donde la limpieza debe anteceder a los procesos de protección y tratamiento superficial de la piedra (salvo en algunos casos de consolidación) así como a la pintura. Esta pintura se empleará en ciertos lugares de forma que se realce la fuerza escultórica de las tallas pétreas, o se hará buscando un aire de envejecimiento, mediante tonalidades específicas que doten a los elementos monumentales de un aspecto confuso.

El fin último de la limpieza es retirar o eliminar, de la superficie de la piedra, los materiales de alteración y de depósito, siendo por ello la parte mas delicada de la restauración, ya que es posible que en esta operación nos llevemos por delante una buena parte del substrato rocoso sano, convirtiéndose pues en un proceso irreversible.

Como todo trabajo cuidadoso, la limpieza de la piedra de la Comunidad Autónoma de Madrid, necesita un buen diseño en base a criterios científicos de actuación y de acuerdo con las características peculiares de las rocas empleadas. El primer paso a realizar es el de un diagnóstico del estado de la roca monumental por zonas, mediante el reconocimiento de "visu", microscópico y por técnicas analíticas. Hay que evaluar el tipo de ensuciamiento y sus causas, así como la profundidad de la zona afectada. Al estar los procesos de deterioro en clara relación con la composición mineralógica de la roca, granulometría, textura, estructuras y fracturación de la misma, así como del carácter constructivo y del medio ambiente ambiente, donde asientan las edificaciones consideradas, es conveniente el control de estos datos, los cuales también influyen en la limpieza.

En definitiva, al existir en la C.A.M. un importante patrimonio de bienes inmuebles, algunos de un valor sustancialmente importante, hay que establecer unos criterios de actuación en función de los parámetros mencionados, ya que la suciedad no sólo genera un impacto desde el punto de vista estético, sino que puede llegar a afectar en lo relativo a aspectos vinculados con la estabilidad de las edificaciones.

En este orden de cosas, este artículo pretende repasar, de forma somera, la relación existente entre las principales variedades pétreas utilizadas en la C.A.M., su ensuciamiento y su limpieza, así como en casos su tratamiento.

2. ACTUACIONES PREVIAS

El trabajo se inicia mediante una profunda revisión bibliográfica. Para ello, en Madrid, se cuenta con importantes puntos de recogida de información: Biblioteca Nacional, ICRBC, Gerencia Municipal de Urbanismo, Organismos de la C.A.M., Universidades, Centro de Estudios Madrileños, etc. En ellas, los distintos profesionales relacionados con el tema, buscan los aspectos peculiares que les atañen. Los petrólogos, en particular, procuran recoger datos relativos a los distintos tipos de materiales pétreos empleados, ubicación de las canteras de origen (las cuales en muchos casos están dentro de la propia provincia), metodología de trabajo desarrollada en cantería, tratamientos superficiales recibidos por la piedra durante los procesos de edificación y con posterioridad, sustituciones de elementos rocosos, así como posibles causas y tipos de alteración. También nos interesa conocer el método constructivo, tal es el caso de variedades de morteros empleados, revocos, pinturas y otros.

Conocidos algunos datos mediante las fuentes bibliográficas, se realiza el reconocimiento de "visu", a la vez que se confecciona un reportaje fotográfico o visual que registre el estado actual de la edificación en cuestión, iniciando un muestreo cuidadoso del monumento (casi siempre hay algún fragmento suelto de poco valor) y en las canteras de origen. Comparando las rocas de ambos lugares, comprobamos sus analogías y diferencias. Estas últimas, están producidas por la alteración, así como por los tratamientos superficiales aplicados sobre ella.

Es aconsejable, para todos los casos, un estudio de microrelieve, el cual facilita la detección de las posibles alteraciones que afectan a la roca.

3. PATINAS.

Alguna de las diferencias encontradas, tal vez se deban a que en los monumentos antiguos de la C.A.M., al igual que en ocurre en otros lugares, la piedra no se encuentra desnuda. Por lo general, las rocas de construcción muestran distintos recubrimientos con fines diversos, principalmente estéticos y de protección.

El problema de la limpieza es principalmente el de la eliminación de una epidermis protectora que ha desarrollado su función durante siglos, con lo cual se pueden generar daños catastróficos.

La carencia de datos bibliográficos en lo relativo a las

pátinas de los monumentos de la C.A.M. nos obliga a conocer lo realizado, en el mismo momento histórico, en otros lugares, para así poder orientar las técnicas de laboratorio e interpretar los datos analíticos.

PLINIO "EL VIEJO" (22-79) en su "Historia Natural", XXXVI-166, nos describe el primer tratamiento superficial de la piedra, del que tengamos conocimiento: "Entre las numerosas piedras que quedan, la toba no es adecuada para la construcción, porque es blanda y dura poco. Sin embargo hay localidades como Cartago, en Africa, que no disponen de otras rocas. La evaporación del mar las deteriora, el viento las erosiona, y las lluvias las deshacen. Pero los cartagineses protegen los muros cubriéndolos con pez; pues la cal también ataca a la toba, y por eso se dice en broma que estas gentes utilizan la pez para sus casas, y la cal para sus vinos, ya que tratan sus vinos con esta materia".

Posteriormente, son varias las noticias que tenemos, principalmente procedentes de la Edad Media, donde se describen las técnicas de acabado de la escultura, así como sobre las policromías pintadas directamente sobre las rocas de construcción o sobre preparaciones de estuco y yeso. CENNINI, C. (1971) recoge, de un códice, de principios del siglo XV, las técnicas de pintura sobre la piedra.

Son numerosos los productos que han sido utilizados para conseguir por un lado el sellado y por otro la integración y homogeneización del conjunto de las piezas pétreas, así como para dar brillo o color. Es frecuente añadir al yeso, aceite con cola de conejo y clara de huevo, a veces bajo una capa de barniz. En estas pátinas también hay frecuentemente otros productos vegetales, tales como tanino, zanahoria, ceniza, aceites diversos y otros, así como no vegetales, tal y como ocurre con el orín de vaca.

El arquitecto florentino PISANO, A. (1295-1348) tratando de proteger las esculturas de la fachada del Duomo di Orvieto, utilizó cera y en los bajorrelieves de piedra del Sansovino empleó sandáraca (resina amarillenta extraída del enebro y de otras coníferas, que se aplica en barnices o en polvo con el nombre de grasilla) mezclándola con aceite de nuez, incienso y alumbre potásico.

Por otro lado, aun existe entre los canteros gallegos la tradición del tratamiento de la piedra al soplete, con azufre y cera. El azufre funde sobre la superficie caliente vitrificándose, dando así dureza a la roca, y la cera sella las fisuras, impermeabilizándola. Desde antiguo se han empleado otros productos endurecedores de la superficie pétreo, tales como la parafina, trementina o creosota.

Asimismo, en el libro de cantería de WARLAM, se indica la conveniencia de aplicar sobre el granito una capa de yeso con

fino polvo de material procedente de rocas similares, con el fin de homogeneizar estéticamente el conjunto.

En los inicios del siglo XIX, se inician los tratamientos con una base química. El mas significativo de ellos es el de los fluosilicatos (duralite) descrito por VIOLLET LE DUC para la basílica de Notre Dame, de Paris, indicandonos que, en 1863, COOMBE propone la aplicación de ácido fluosilícico, mientras que, en 1870, SALISBUTY sugiere un tratamiento en dos fases, la primera empleando una solución de magnesio y la segunda a base de silicato soluble de sodio y potasio.

Los silicatos que acabamos de describir son hidrofílicos y su única función es la deposición de sílice coloidal en los poros de la roca, consolidandola. En el caso del fluosilicato se produce, además de la deposición del gel de sílice, una precipitación de fluoruro cálcico (fluorita), formandose una costra superficial que puede desaparecer en la limpieza ante la aplicación de un método mecánico agresivo.

En Madrid se han utilizado en cierta medida los duralites, siendo muy difícil determinar su aplicación, al ser el fluor un elemento ligero que no se cuantifica bien por técnicas analíticas espectrográficas.

El desarrollo de los tratamientos prosigue con fuerza durante este siglo, siendo numerosos los productos que muestra el mercado, tal como nos indican GARCIA DE MIGUEL, J.M. y SANCHEZ CASTILLO, L. (1989) en el artículo "El papel del técnico en la conservación restauración".

Como anotación final al tema de las pátinas, indicamos que en algunos monumentos graníticos de Madrid se ha hecho una limpieza sin homogeneizar estéticamente su superficie, con lo cual la piedra adquiere un aire de desnudez y la profusión de xenolitos produce un impacto visual negativo.

4. PETROLOGIA

No sólo hay que conocer los tratamientos externos, realizados con fines estéticos o de protección, sino que hay que identificar el tipo de piedra donde asientan. La roca por si misma, al margen de los recubrimientos, es un sistema complejo que sufre los efectos del medio y se deteriora.

Por supuesto que es complicado efectuar en cada uno de los monumentos de la C.A.M. un estudio petrológico en profundidad, lo cual sería una situación ideal. Hace falta una información de carácter general, por ello, en un primer proceso estamos caracterizando los comportamientos petrofísicos de las principales rocas monumentales empleadas en la C.A.M., a través

de dos proyectos financiados por la U.P.M. mediante las Acciones Concertadas con la CICYT, y en una segunda fase hacerlo con unas veinte rocas del resto de España, aplicando otras directrices, según un proyecto concertado a través del L.O.E.M.C.O.

Las rocas monumentales que con mayor frecuencia se han utilizado en la arquitectura madrileña son las siguientes:

- a) "Piedra de Tamajón"
- b) "Piedra de Colmenar"
- c) "Piedra de Novelda"
- d) "Piedra berroqueña"

5. PIEDRA DE TAMAJON

La "Piedra de Tamajón" ha sido ampliamente utilizada en los monumentos de Alcalá de Henares, Torrelaguna, Guadalix de la Sierra y otros pueblos de la C.A.M. Esta roca, se ha explotado por lo general en pequeñas canteras, a lo largo de una fina franja carbonatada del Cretáceo Superior, que aflora paralela a la Sierra Norte de Madrid, penetrando en Guadalajara hacia Tamajón, localidad de donde toma su nombre.

En muchos de los libros y documentos antiguos de cantería (por ejemplo, recomendamos la lectura de la obra de MAZARRASA, O., 1988) se explica como artesanos de la piedra, antes de ejecutar una obra, buscaban la zona canterable mas próxima, dentro del tipo y características de la roca que necesitasen. Las canteras suponían un volumen de hueco similar al del edificio a construir, por eso son innumerables las pequeñas explotaciones que aparecen en este nivel geológico, principalmente en las proximidades de los pueblos.

Las "Piedras de Tamajón" son calizas biomicríticas, de color amarillento, con partes dolomitizadas. Estas rocas, muestran una pequeña proporción de cuarzo, arcillas y minerales de hierro, principalmente piritas idiomorfas en proceso de limonitización. También es posible identificar algunos fósiles que facilitan su datación.

En nuestra Comunidad, estas piedras resisten bastante bien los procesos de meteorización causados por los agentes climáticos (por ejemplo: la acción del hielo, cambios térmicos, etc.). La pérdida en peso de este tipo de piedra (original) sometida a los ensayos de heladicidad y de humedad-sequedad son del orden del 0,13% (GARCIA DE MIGUEL, J.M. y al., 1989), lo que indica una baja deteriorabilidad. Por otro lado, con el paso del tiempo la roca adquiere una pátina dorada, debido a la oxidación de los sulfuros accesorios que entran en su composición.

Es frecuente una pátina de ennegrecimiento secular, debido fundamentalmente a la combustión en hogares de leña. Pero a partir de los años sesenta, con el incremento del uso de los derivados del petróleo, en coches, industrias y calefacciones, se ha formado sobre las pátinas anteriores una costra de ennegrecimiento reciente.

Según ROCCHI, G. (1990) se está investigando cuales son los agentes catalizadores en la oxidación del SO_2 , paso previo a la formación de ácido sulfúrico, considerando que entre estos se encuentran el polvo de metales pesados y, sobre todo, partículas carbonosas procedentes de la combustión de hidrocarburos.

En este último supuesto, deberíamos limpiar los monumentos con costras de ennegrecimiento generadas por la polución, ya que de esta forma evitaríamos la sulfatación de la "Piedra de Tamajón" y demás rocas calcáreas, eliminando así la formación de yesos. Recordemos que la cristalización salina en las partes externas de la roca, y sobre todo, la hidratación de dichas sales, traen consigo importantes incrementos de volumen, responsables de la degradación pétreo.

Debido a lo expuesto con anterioridad, esta roca se ha preservado, durante largos años, sin mostrar apenas deterioro, pero en la actualidad las cosas han cambiado, acelerándose de forma notable los procesos de alteración, debido a los efectos del medio ambiente.

La porosidad de estas calizas, en roca original, es del orden del 14%, (GARCIA DE MIGUEL, J.M. y al., 1989) valor relativamente alto, y con un diámetro medio de poro de 0,30 micras, recordando que en casos como este se deben evitar los métodos de limpieza que produzcan una humidificación excesiva, ya que los poros constituyen la vía de acceso del agua, principal medio de transporte de los agentes degradantes.

La patología más típica de este tipo de piedras consiste en la pérdida del cemento cálcico, lo que se traduce en procesos de arenización y pérdidas de relieve.

Por último, indicaremos que debido al bajo contenido en sílice de esta roca, deben evitarse los tratamientos de consolidación con ésteres silícicos.

6. PIEDRA DE COLMENAR.

La "Caliza de Colmenar" no es otra roca que la denominada genéricamente como "Caliza del páramo". El uso de esta última variedad está muy extendido, ya que sus explotaciones se corresponden con niveles calcáreos poco profundos, dispuestos en

capas subhorizontales, a lo largo de las cuencas miocenas de las dos Castillas y del Valle del Ebro, coformando las típicas morfologías mesetarias (páramos).

Tenemos diversos bancos decimétricos que se agrupan en paquetes de varios metros de espesor. Están constituidos por calizas travertínicas, de color blanco que en algunas zonas se tornan rojizas por descalcificación y posterior relleno kárstico. Estas rocas se caracterizan por el tamaño de grano fino (micritas y biomicritas), aspecto concrecional, gran proporción de vacuolas y estratificación grosera. Las vacuolas tienen su origen en la desaparición de restos vegetales por fermentación, siendo estos huecos y algunas fisuras rellenos ocasionalmente por calcita espática.

Estas calizas, de origen lacustre o palustre, presentan abundantes fósiles como gasterópodos u oncoïdes de agua dulce, tipo Planorbis, Lymnaeas y otros, fauna correspondiente al Pontiense, Mioceno Superior continental.

Estas calizas presentan continuidad con la serie detrítica basal de la formación del Páramo, si bien presenta variaciones de facies muy pronunciadas.

El nombre de "Piedra de Colmenar" proviene de la población madrileña de Colmenar de la Oreja, donde en tiempos pasados existieron numerosas explotaciones subterráneas. Estas labores llegaron a su máximo esplendor hace dos siglos, cuando trabajaban en la localidad mencionada mas de 350 cuadrillas de canteros. Hoy en día, sólo persisten algunas explotaciones a cielo abierto, empleandose la mayor parte de la producción en la fabricación de cal, aunque también se extrae la caliza como roca ornamental, pese a sus defectos, y en cantería.

En otros pueblos de la C.A.M. se ha efectuado con carácter local el laboreo de estos niveles, recordemos por ejemplo las canteras de la Cuesta Zulema, en Alcalá de Henares, o las explotaciones de localidades como La Olmeda, Los Santos de la Humosa, Campo Real y otras.

El carácter resistente de esta roca frente al clima de la C.A.M., la condición de existir explotaciones próximas a Madrid y algunas cualidades escultóricas han configurado a la "Piedra de Colmenar" como una de las rocas de construcción utilizadas con mayor frecuencia en los monumentos locales. Por citar algunos, el Palacio del Real Sitio de Aranjuez, Palacio de Oriente, Plaza Mayor de Madrid, Catedral de la Almudena, Jardín Botánico, estatuas de la Plaza de Oriente, Plaza Mayor de Torrejón y tantos otros.

Esta roca sufre los efectos de la atmósfera contaminante de Madrid, de forma similar que en el caso de la "Piedra de Tamajón".

Es una roca de tamaño de grano fino, compacidad y fácil talla lo que la ha configurado dentro de las variedades aptas para la escultura, pese a la presencia de estructuras vacuolares, poros y microfisuras (pelos), por donde acaba rompiéndose. Esto se traduce en una falta de finura en los acabados. Al tasar algunas estatuas del Palacio de Oriente, CASTRO y OLIVIERI, hacen referencias a la presencia de granos duros incluidos en la masa, caracter quebradizo de los bloques y otros problemas. En general, esta roca no sólo la encontramos en esculturas, sino que aparece también en balaustradas, escudos, adornos, sillares e incluso hasta en bordillos (pese a su baja resistencia al desgaste por fricción). Estas esculturas han recibido en muchos casos, tal y como ocurrió en el Museo del Prado, una capa protectora de caseína, producto que ayuda a la fijación del polvo atmosférico, acrecentándose las pátinas de ennegrecimiento secular.

Sobre las tallas realizadas con esta roca actúan aguas con pH ácido, debido a la presencia de sulfúrico procedente de los humos de la actividad urbana e industrial en su contacto con la atmósfera, produciéndose fenómenos de disolución culpables de la pérdida del relieve. En algunas estatuas se forman auténticos surcos, según el sentido vertical de circulación de las aguas. Otro tipo característico de metreorización consiste en la erosión diferencial de la roca según los sinuosos planos de estratificación.

Esta roca es proporcionalmente mas porosa que la "Piedra de Tamajón", por lo cual, en ella, debemos hacer las mismas consideraciones respecto a la limpieza.

Es complicado pensar en una "Piedra de Colmenar" genérica, ya que la "caliza del páramo" muestra cambios de facies, por ejemplo se vuelve arenosa e incluso conglomerática en los bordes de la cuenca de deposición. También sabemos a fé cierta que en Colmenar de la Oreja se han cortado en el pasado y se cortan en la actualidad bloques de "calizas del páramo" procedentes de otras localidades, tales como Ocaña (Toledo), Campáspero (Valladolid) y otras. Además no existe homogeneidad mineralógica, en cuanto a composición, granulometría, texturas y estructuras dentro de los distintos niveles estratigráficos susceptibles de ser explotados, según podemos observar en el cuadro adjunto, donde estos aparecen ordenados de techo a muro.

NUMERO NOMBRE DEL BANCO POTENCIA DE LAS CAPAS OBSERVACIONES

1	Cabezal	70 cm.	Banco sucio
2	Banquillo	Entre 35 y 40 cm.	Banco poco potente
3	Sobrebanco	Entre 40 y 60 cm.	Banco limpio
4	Gordo	1-1.3 m.	Se labra muy bien
5	Levante	Entre 30 y 70 cm.	Se labra bien
6	Lastra	Entre 5 y 6 suman de 1 a 1,3 m.	
7	Vidrioso	Entre 70 y 75 cm.	Muy compacto y mala labra

Pese a todo lo expuesto, la mayor parte de las rocas con esta denominación presentan unas características comunes, fáciles de determinar mediante el simple estudio petrológico.

7. PIEDRA DE NOVELDA

Las distintas variedades de calcoarenitas procedentes de la cuenca miocena marina de Alcoy, reciben el nombre genérico de "Piedra de Novelda", ya que de las proximidades de esta localidad se han extraído importantes volúmenes de esta roca.

La "Piedra de Novelda" se ha empleado muchísimo en toda España, en particular en la construcción y restauración de los monumentos madrileños de los dos últimos siglos, tal es el caso del edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Palacio de Linares, antigua sede central de la Compañía Telefónica Nacional de España, monumento a Alfonso XII, monumento a Colón y tantos otros.

La "Piedra de Novelda" es una calcoarenita de colores variados, blanca, gris, azulada o amarillenta. Está compuesta mayoritariamente de calcita (en torno al 75%), cuarzo (alrededor del 15%) y arcillas (hacia el 7%), mostrando una pequeña proporción de dolomita y minerales de hierro. La dolomita proviene de una incipiente alteración natural del carbonato cálcico. Como accesorios tenemos feldespatos, moscovita y otros minerales, de origen detrítico. Los fósiles son abundantísimos, principalmente briozoarios, foraminíferos bentónicos, corales y algas formando bioclastos que aparecen cementados por material bioesparítico.

Estudiando el sistema poroso, mediante técnicas de porosimetría de mercurio, GARCIA DE MIGUEL, J.M. y al. (1989), comprobaron que el índice de porosidad de estas rocas en cantera (originales) oscilaba entre un 5 y un 18%, según los distintos niveles geológicos de procedencia. El tamaño de poro medio es de 5,5 micras en volumen y de 5,0 micras en superficie, pudiéndose observar el espectro de frecuencias de volumen en la figura adjunta.

Del análisis de esta figura se deduce que la "Piedra de Novelda" posee una porosidad reducida, con tamaño de poro fino.

En principio, se observa macroscópicamente una patología típica, consistente en la arenización y posterior desgajamiento de la roca en forma de capas (decapación). Ensayada este tipo de piedra, en el laboratorio, se puede asegurar que la cristalización de sales es el factor que origina un mayor grado de deterioro. Medido este, en función de la pérdida en peso, se llega a valores de hasta un 40% (GARCIA DE MIGUEL y al., 1989).

Por tanto, podemos afirmar que la contaminación atmosférica es uno de los problemas principales en este tipo de rocas. Este aspecto puede evidenciarse comparando el estado de la piedra de la fachada de la antigua Universidad de Alcalá de Henares, alterada pero no sucia, con la del Palacio de Linares, en la Plaza de la Cibeles, donde además de presentar un mayor grado de alteración se observa un alto índice de suciedad.

Por otro lado, los ensayos de heladicidad y de humedad sequedad dan para esta roca unas pérdidas en peso menores del 1% (GARCIA DE MIGUEL y al., 1989), sin duda provocado por su bajo índice de porosidad y el pequeño tamaño de los poros.

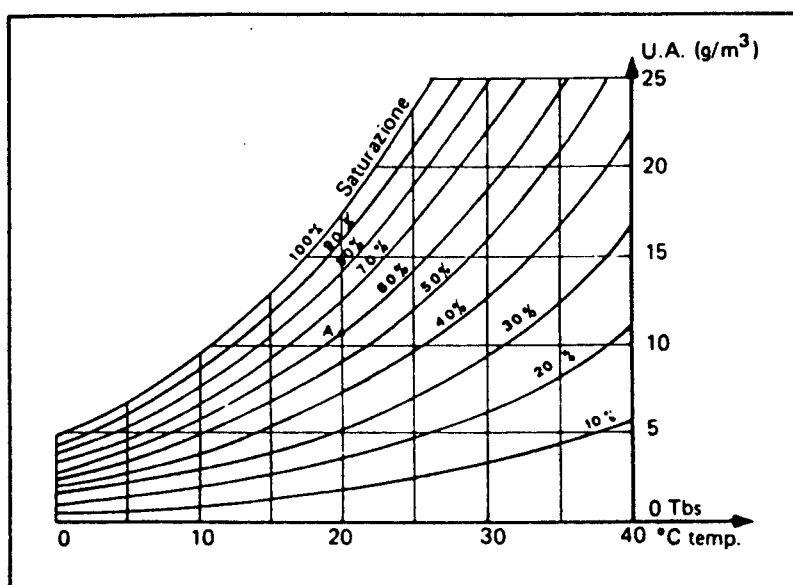
A pesar de todo, observamos una cierta incidencia de la humedad, por ejemplo en el Ministerio de Hacienda, sito en el número 5 de la calle de Alcalá, se aprecia como la "Piedra de Novelda" descansa sobre un zócalo granítico mas o menos impermeable, justo en el contacto de ambas variedades rocosas es donde se acumula el agua, siendo esta la parte mas dañada de la piedra, lo cual es debido a los fenómenos de ascenso capilar.

En efecto, aparte de los fenómenos de cristalización de sales antes mencionados, tenemos que, al incluir la roca original, entre sus componentes principales, una fracción importante de minerales arcillosos, pertenecientes a la familia de las esmectitas, se produce el hinchamiento de estos en presencia de agua, originando tensiones diferenciales, de tal forma que al superar los límites de resistencia mecánica de la roca provoca su agrietamiento, ayudando así a su destrucción. En Madrid, esta roca muestra una aparente inalterabilidad los primeros 40 o 50 años, pasado este tiempo se inicia una fisuración superficial, progresandose rápidamente hacia las patologías descritas.

A este tipo de rocas no sólo les afectan las humedades causadas por ascenso capilar, filtraciones o concentraciones de agua en determinados puntos, sino que pueden ser atacadas simplemente por la humedad atmosférica. Recogemos el caso de la variedad denominada "Piedra de Almorquí" empleada en la restauración de la fachada de la antigua Universidad de Alcalá de Henares, la cual vemos que se muestra con mayor alteración en el monumento madrileño que en las viviendas, de idéntica edad, construídas en la localidad de Casas del Señor (Alicante), donde se ubican estas canteras. De ello se deduce que el clima mediterráneo de Levante, seco y sin heladas, ha sido mas

favorable para la roca que el clima continental de nuestra Comunidad Autónoma. Según lo anterior, uno de los factores responsables de la deteriorabilidad es la ubicación geográfica de la piedra en el monumento, la orientación hacia el Norte (zona de umbría) y el resguardo de los vientos hacen disminuir la evaporación, aumentando así la cantidad de agua alojada en los poros, con lo que se incrementan los procesos de deterioro.

El diagrama adjunto, GHICHEN, G. (1984), se representa la humedad absoluta en función de la temperatura ambiental, observándose como una roca puede llegar a la saturación con pequeños valores de humedad relativa baja temperatura.



En definitiva, en este tipo de roca, de forma general podemos indicar que es necesario evitar los métodos de limpieza que provoquen la cristalización de sales.

Antes de la limpieza de la "piedra de Novelda", es conveniente fijar los elementos separados por las grietas de decapación, si no queremos que exista la posibilidad de arrancarlos en una limpieza poco cuidadosa. Se recomienda el sellado externo de las fisuras, empleando por ejemplo poliacetato de vinilo y arena, inyectando después por un agujero efectuado a propósito, el producto consolidante.

Como consideración final, indicaremos que hay una gran heterogeneidad entre las distintas variedades de "Piedra de Novelda" empleadas en la C.A.M. Ya vimos los cambios de porosidad presentes según los distintos y potentes bancos de una cantera. Pero no sólo hay que tener en cuenta los cambios verticales y laterales de facies dentro de la propia explotación, sino las distintas localidades de procedencia. En Madrid capital, hay

"Piedra de Novelda" traída desde diversos puntos, por ejemplo: la sede central de Correos, en Cibeles, tiene "Piedra de Petrell", con dos facies distintas; en la cripta de la Catedral de la Almudena hay "Piedra de Almorquí" y "Piedra de Bocairente"; y en el Banco de España tenemos "Piedra de Abarán" y "Piedra de la Sierra de Caballo". Ante la presencia de tantas variedades es conveniente que se realicen los estudios previos de identificación conveniente.

8. PIEDRA BERROQUEÑA

Como "Piedra Berroqueña" se entiende cualquiera de las variedades graníticas que forman parte del batolito del Sistema Central, aflorante en las proximidades de Madrid. A veces, dentro de este grupo se consideran algunas migmatitas, correspondientes al tránsito entre los granitos y las rocas metamórficas superpuestas.

Las variaciones entre los distintos tipos de granitos considerados son de composición, mineralógicas y estructurales, siendo los más frecuentes los de la familia de las granodioritas. Estas últimas rocas tienen bastante biotita, por lo que muestran color gris, son de grano fino y presentan numerosos xenolitos (también llamados negrones o gabarros) los cuales alcanzan tamaños diversos.

En menor proporción existen otras variedades de granitos que debido a su difícil corte se han empleado poco en cantería. Son granitos de grano grueso, con tendencias alcalinas. Son ricos en cuarzo, así como en plagioclasas y pobres en micas.

En las zonas de contacto, hay granitos porfiroides, con grandes fenocristales de feldespato. Muchas de estas rocas han pasado a emplearse como piedras ornamentales.

Los granitos madrileños se utilizan fundamentalmente en los zócalos y partes bajas de los edificios, tal y como podemos comprobar en los barrios antiguos de Madrid, ya que son más impermeables y tienen mayor resistencia a la compresión que las otras rocas descritas. También se emplean en pavimentaciones, por su elevada resistencia a la fricción.

Precisamente, por aparecer estas rocas en las proximidades del suelo, presentan los problemas de la deposición salina, ya que las sales ascienden en disolución a través de las microfisuras. Asimismo, el feldespato presente se transforma poco a poco en arcillas (caolinita), que son transportadas por las aguas, produciéndose la arenización de la roca. El granito resiste mal los cambios térmicos, debido fundamentalmente al comportamiento diferencial de sus distintos componentes, así como a la anisotropía de sus granos. De igual forma, esta roca también sufre la acción de las heladas, así como la formación de pátinas

y costras. El resultado final es el deprendimiento de capas concéntricas, con el consiguiente redondeamiento de las aristas.

Hay que evitar la limpieza de estas rocas con ácidos fuertes, ya que cuando entre los accesorios del granito existan ciertos minerales de hierro, situación que es muy frecuente, se pueden formar sales, las cuales pueden provocar un amarilleamiento de la roca.

Es frecuente asimismo, que los granitos formen manchas (oxidaciones) o pátinas ferruginosas, debido a la limonitización de los sulfuros y a la alteración de algunos minerales ferromagnesianos.

Por último, indicaremos que por lo general en los grandes monumentos madrileños se mezclan distintas variedades de "Piedra berroqueña", así por ejemplo: en el Palacio de Oriente tenemos granitos de Alpedrete, Becerril, Cerceda, Cercedilla, Colmenarejo, Collado Mediano, Collado Villalba, El Molar, El Moral, El Real de Manzanares, Galapagar, Hoyo de Manzanares, Moralzarzal, Navalagamella, San Agustín, Torreldones y Valdemorillo; en El Escorial tenemos granitos de Alpedrete, Becerril de la Sierra, Zarzalejo y otras localidades. Al mostrar cada una de estas variedades comportamientos petrofísicos distintos es conveniente su estudio particular.

9. CONSIDERACIONES FINALES.

La limpieza supone la eliminación de las costras y productos de alteración, por ello no sólo deben conocerse las cualidades de la roca originaria, sino también su estado actual y capacidad de deterioro en determinados ambientes.

En relación con lo anterior se realizan estudios petrofísicos de las muestras seleccionadas, los cuales se interpretan según aspectos petrológicos.

El primer paso es la identificación de las morfologías de alteración, comprobando la presencia de pátinas de ennegrecimiento, costras, ampollas, escamaciones, desconches, arenización, fisuración, humedades, eflorcencias y otras.

Tras reconocer las formas de alteración, pasamos al análisis de la roca, considerando siempre la posible existencia de pátinas naturales y artificiales. Las principales técnicas son las petrológicas: microscopía óptica (con luz reflejada o con luz transmitida) y microscopía electrónica de barrido. También es conveniente realizar análisis químicos, generalmente con técnicas espectrográficas. Asimismo, se hacen diversos ensayos de alterabilidad, sobre muestras de la cantera de origen. Con los resultados obtenidos tenemos información suficiente para conocer las posibles causas del ensuciamiento, así como para diseñar los métodos de limpieza y tratamientos posteriores.

Estos métodos han ido cambiando a lo largo de la historia, existiendo, hoy en día, una gran variedad de ellos.

En el siglo pasado se inician las primeras experiencias de limpieza de la piedra, mediante el empleo de ácido fluorídrico y fluoruro amónico. Posteriormente se han ido desarrollando los demás métodos.

En los años sesenta se realizaron, en Madrid, limpiezas, generalmente indiscriminadas, abundando sobre todo las efectuadas por los métodos de abrasión y ataque químico con ácidos fuertes.

En los años setenta y ochenta, vistos los resultados de alguna de las limpiezas anteriores, se efectuaron experiencias con nuevos métodos, tales como chorro de arena con control del tamaño de grano del abrasivo y del de los minerales de la roca, microabrasión, vapor saturado húmedo, métodos químicos controlados, abrasión con perla de vidrio, extracción de sales con arcillas especiales (sepiolita, atapulgita, filosilicatos hidratados de magnesio y otras) y el flameado a alta temperatura de fachadas.

Hoy en día, la aplicación de nuevas técnicas de limpieza se muestra en el horizonte, tal es el caso del uso de resinas intercambiadoras de iones, ultrasonidos y laser.

De los estudios, de la piedra monumental antes mencionados, deducimos que el problema principal de ensuciamiento lo determinan la presencia de humedades, ya que el agua es el vehículo de transporte de ácidos, álcalis y sales, así como un agente químico muy activo, mediante las reacciones de hidrólisis. Por tanto, muchas de las operaciones de restauración pasan por la eliminación previa de humedades.

Las humedades se concentran principalmente en las partes inferiores de los edificios, por lo cual la limpieza debe efectuarse de abajo a arriba y no al revés. Así, en la parte superior del monumento sólo hay que suplementar ligeramente el trabajo realizado en la parte inferior. En caso contrario, no podríamos compensar la zona alta muy limpia con una zona baja imposible de recuperar en todo su esplendor.

La limpieza no debe ser un patrón genérico que se aplica a todas partes por igual. En los edificios monumentales, donde la metodología de trabajo es más delicada, hay que limpiar con sentido escultórico, ya que algunas sombras están puestas a propósito, para buscar una armonía visual. Incluso en zonas donde la roca esté excesivamente lavada, por ejemplo esto se apreciaba en algunas losas de "Piedra de Colmenar" situadas por debajo de juntas con mortero de cal, hay que realzarlas con sombras para marcar los contrastes pertinentes o para compensar con el entorno.

En definitiva, se evidencia la necesidad de estudiar cada actuación de limpieza para cada monumento en particular, en función de su situación y estado de alteración, materiales que lo componen, etc, según la metodología indicada y aplicar

posteriormente las medidas oportunas para anular, o en todo caso minimizar, las fuentes causantes de dicho ensuciamiento.