



Formas de deterioro presentes en las fachadas de piedra de "El Arsenal"

Forms of decay on the stone façades of "El Arsenal"

Sergio Raymant Arencibia Iglesias, Alina Romeo Sáez y Niurka Fernández Muñoz

RESUMEN: El presente trabajo trata los diferentes estados de deterioro que presenta la piedra que conforma los elementos constructivos de "El Arsenal", partiendo del estado del arte de reconocidas construcciones militares habaneras. Se realizó la caracterización y determinación del tipo de piedra empleada y sus propiedades; el análisis de las formas de alteración y su relación con los agentes medioambientales. Se hizo también una nueva propuesta de clasificación, definiéndose que los organismos vivos son el principal agente de deterioro. El lienzo de muralla resultó ser uno de los elementos verticales más afectados, cuya superficie se encuentra expuesta a la acción directa del medio ambiente y no cuenta con ningún tipo de protección. Los resultados tienen la finalidad de contribuir a la conservación de esta construcción histórica, exponente de la arquitectura militar que se desarrolló en La Habana, entre los siglos XVI y XVIII, la cual, pese al deterioro, aún mantiene sus valores esenciales.

PALABRAS CLAVE: conservación de la piedra, deterioro, diagnóstico

ABSTRACT: The current study deals with different states of decay exhibited by the stone that forms the constructive elements in "The Arsenal," departing from the state of the art of well-known military constructions in Havana. A characterization and identification of the type of stone was carried out, as well as a reconnaissance of their properties. A new proposal for classification was also made, concluding that living organisms are the principal factor causing the decay. The defensive walls were among the most affected vertical elements, since their surfaces are exposed to the elements without any form of protection. The results of this article aim at contributing to the conservation efforts of this historic building, emblematic of military constructions in Havana between the XVI and XVIII centuries, which, despite the decay, still preserves its essential values.

KEYWORDS: stone conservation, decay, diagnosis

Introducción

La conservación del legado histórico cultural de la nación cubana adquiere cada día mayor relevancia. La labor de rescate y salvaguarda llevada a cabo por la Oficina del Historiador de La Ciudad, se fundamenta en los diversos planes y proyectos realizados desde su fundación en 1938, por Emilio Roig de Leuchsenring, y su continuidad en Eusebio Leal Spengler, desde 1967 hasta la actualidad, y goza de reconocido prestigio internacional. Solventar las problemáticas actuales del patrimonio construido ha sido una de las premisas que fortalecen la gestión llevada a cabo por la institución; cometido que entraña un marcado interés en la comprensión de los efectos dañinos que se producen en las fachadas de los monumentos, producto de la contaminación y otros factores asociados.

Las investigaciones sobre las formas del deterioro de la piedra, las propiedades químico-físicas, el reconocimiento del origen de los contaminantes, el recorrido que siguen las partículas suspendidas en el aire, los daños visibles en los elementos exteriores de piedra, entre otros, permiten un mejor conocimiento del comportamiento propio de este material, el cual constituye un componente fundamental de las estructuras antiguas [1-3]. Sin embargo, resulta importante resaltar, que las investigaciones sobre el análisis y valoración de los agentes, formas y mecanismos de alteración de monumentos de piedra en Cuba, debido a diversas circunstancias, son limitadas o no poseen el nivel de profundización y sistematicidad que se desearía, si se compara con países como España o Italia, por ejemplo.

Atendiendo a lo expuesto, el presente artículo tiene como objetivo los problemas relacionados con las formas de deterioro presentes en las fachadas de piedra, específicamente en el Arsenal de La Habana. La determinación de las causas y mecanismos que provocan el deterioro juegan un importante papel en la aplicación de soluciones eficaces. La conservación de edificaciones lleva aparejado el estudio de las morfologías macroscópicas de alteración presente en sus elementos y la relación con los factores externos e internos que provocan el daño o lesión. Sin embargo, como se ha mencionado antes, es un tema que no siempre se aborda con todo el rigor necesario por los actores del patrimonio como arquitectos, ingenieros o restauradores, lo que ha llevado a un incremento acelerado de los procesos de deterioro en los monumentos como resultado de determinadas soluciones o actuaciones constructivas realizadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, los autores del presente artículo, directamente vinculados a la práctica de proyecto, ejecución y control de obras de restauración, han venido investigando el comportamiento de diversos materiales de construcción en los diferentes entornos, específicamente de valiosos monumentos construidos con materiales pétreos naturales, principalmente en edificios de Grado de Protección 1, que incluye lo más representativo de la arquitectura religiosa, militar, civil y doméstica desde el Siglo XVI al XIX, tales como: el Palacio del Segundo Cabo, el Centro Gallego y Gran Teatro de La Habana y la Catedral de La Habana, entre otros.

Todos ellos tienen en común la piedra a vista o sin protección, expuesta a la agresividad del medio. A pesar de la durabilidad al paso del tiempo, se pueden apreciar en esas obras síntomas visibles de degradación. Se hace entonces necesario seguir incrementando los estudios en el ámbito nacional y tomar conciencia del significado que poseen las formas de alteración de las fachadas de estos importantes monumentos.

[1] Torraca G. Lectures on materials science for architectural conservation. 1st ed. Los Angeles: Getty Conservation Institute; 2009. 194 p. pp.72-87. ISBN: 978-0-9827668-3-5.

[2] Clifford A. Doehe E. Stone Conservation: An Overview of Current Research. 2nd ed. Los Ángeles: Getty Publications; 2010. p. 164 p. pp.1-26. ISBN: 978-1-60606-046-9.

[3] Gisbert J, Marín C. Contaminación atmosférica y deterioro de monumentos. En: Libro de Actas de la I Jornada de Caracterización y Restauración de Materiales Pétreos en Arquitectura, Escultura y Arqueología; Uncastillo-Zaragoza (España); 2001. ISBN 84-600-9684-X.

Como antecedentes, en el caso de la arquitectura militar colonial habanera, se pueden mencionar los estudios realizados en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE) para el diagnóstico de la fortaleza San Carlos de la Cabaña [4], en los cuales se detectaron importantes alteraciones producidas por microorganismos. Los resultados permitieron comprobar la presencia en la piedra de levaduras, hongos y bacterias como principales causantes del deterioro.

Por otra parte, en el Castillo de la Real Fuerza, tanto el estudio de diagnóstico que se llevó a cabo hace algunos años, así como las investigaciones arqueológicas recientes, constituyen una base fundamental para cualquier intervención que se realice a partir de esas fuentes [5]. Durante la fase previa a la ejecución se trataron aspectos relacionados con la degradación de los materiales pétreos de los muros y su manifestación a través de cambios de color, textura y composición química, dando lugar a formas de alteración o deterioro característicos. Sin embargo, actualmente se aprecian nuevos síntomas, como la formación de diversas pátinas, que no han podido ser del todo resueltos.

En San Salvador de La Punta, a la entrada de la Bahía, se estudiaron las intervenciones constructivas realizadas con anterioridad, así como el uso de morteros no compatibles con el soporte y cómo esto influye en la erosión de la piedra. Similares condiciones fueron detectadas en el Torreón de San Lázaro, donde actualmente se aprecia la pérdida de los revestimientos aplicados durante su restauración, ocasionando una nueva erosión a la piedra. Caben resaltar las características del ambiente agresivo al que se encuentran expuestas ambas construcciones: su cercanía a la vía rápida de Malecón, la proximidad del mar con el consiguiente ataque de aerosoles salinos y las constantes penetraciones, principalmente en épocas de temporadas ciclónicas.

Recientemente comenzó un proceso de intervención en la fortaleza de Santo Domingo de Atarés por parte de especialistas del Gabinete de Arqueología de la Oficina del Historiador de La Habana, quienes se han propuesto dar a conocer la evolución histórica de la fortaleza, la periodicidad de los elementos constructivos y sus modificaciones desde su construcción hasta el presente. [6] Estas investigaciones arqueológicas servirán de referencia y documentación de base a la restauración a la cual será sometido el inmueble. Recientemente se abordó el deterioro de la piedra directamente relacionado con las transformaciones realizadas al inmueble, tanto en sus muros de escarpa, como en las bóvedas de cañón y otros elementos como parapetos y garitas [7, 8].

Como parte del segundo sistema defensivo que tuvo La Habana en el Siglo XVIII, puede mencionarse también el Castillo del Príncipe, ubicado en la loma de Aróstegui. Pese a que no se conocen trabajos sobre alteraciones de la piedra en esta edificación, hasta aquí se ha podido constatar que la conservación de las grandes fortalezas permanentes resulta un tema de gran interés. Estas se caracterizan por ser obras de fábrica resistentes, de grandes proporciones, ubicadas sobre montículo alto o roca escarpada de difícil acceso. Sin embargo, según Tamara Blanes, se puede asegurar que se ha perdido parte de las fortificaciones menores, mientras que otras se encuentran abandonadas y en el mejor de los casos, están presentes, pero con un alto grado de deterioro [9]. En este caso se localizaron el Hornabeque de San Diego y algunas baterías y reductos costeros aún existentes que no han sido tratados. Como resultado, desde la segunda mitad del siglo XIX, con la ampliación de La Habana de extramuros, solo se heredaron algunos

- [4] Pérez L. Estudio de los deterioros de la Fortaleza de San Carlos de la Cabaña. Ciudad de la Habana. Cuba. Ingeniería Civil. 2000;[119]:133-9. ISSN 0213-8468.
- [5] Frances LA, Navarrete F, Rodríguez AA. Castillo de la Real Fuerza: Nuevos aportes. Boletín de Arqueología [Internet]. 2012 [consultado 14 de noviembre 2014]; [4]. p. 204.
- [6] Dovale A. Comenzaron los estudios arqueológicos en el Castillo Santo Domingo de Atarés. Boletín de Arqueología [Internet]. 2013 [consultado 14 de noviembre 2014] Disponible en: <http://www.ohch.cu/boletin-arqueologia/breves-del-boletin>.
- [7] González LR. Diagnóstico de las áreas exteriores de la Fortificación Santo Domingo de Atarés [Tesis]. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Civil; 2014.
- [8] Green Taylor J. Diagnóstico de las cubiertas abovedadas y los espacios interiores de la fortificación Santo Domingo de Atarés. Propuestas de solución para los principales deterioros encontrados [Tesis]. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Civil; 2014.

tramos aislados de la antigua muralla, compuesta por muros de sillería de aproximadamente 1.40 metros de ancho por 10 metros de altura [10], garitas y almacenes; entre ellos, el singular elemento ubicado en el tramo de la muralla próximo al extremo sur de la calle Egido, construido también en piedra, y conocido como el Arsenal (Egido 702).

Esta edificación posee Grado de Protección 1 que otorga la Comisión de Monumentos. Se caracteriza por la sencillez y simplicidad de su estilo, con fachadas planas que, a excepción de las gárgolas y las dos platabandas de piedra que enmarcan sus dos puertas de acceso, carecen de elementos decorativos. En cuanto a su relación con el entorno, se encuentra en una zona de La Habana Vieja de alto tráfico rodado, con un predominio del sector ferroviario e industrial; su proximidad a las fuentes contaminantes incide de forma nociva sobre la piedra y el resto de los materiales (figura 1). La contaminación y sales provenientes de la bahía también afectan negativamente al monumento. La lluvia, la humedad y la conductividad térmica facilitan que las partículas sólidas suspendidas en el aire reaccionen con la piedra. Los principales contaminantes presentes son el dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), polvo, humos y otros aerosoles secundarios [11]. La cercanía de los árboles del parque del Agrimensor actúa en determinadas horas como barrera solar arrojando sombras en algunas áreas del muro, facilitándose la formación de las pátinas y costras negras y otros signos de alteración.



Figura 1: Proximidad de las fuentes contaminantes a los monumentos. Fuente: Autor, 2014

Materiales y métodos

Para evaluar el grado de deterioro presente en sus cuatro fachadas, así como para determinar las causas, se realizó el levantamiento del estado de conservación, haciendo énfasis en la superficie externa y las

[9] Blanes Martín T. Fortificaciones del Caribe. La Habana: Letras Cubanas; 2001. 232 p. pp.81-99. ISBN 959-10-0610-01.

[10] Weiss JE. La arquitectura colonial cubana: Siglos XVI al XIX. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Transporte; 1996. 510 p. pp.156-162. ISBN: 84-8095-083-8.

[11] Martínez M, Maldonado G, Molina G, et al. Concentraciones diarias de contaminantes del aire en La Habana (Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental. 2011;(11):786-92.

características del material de construcción empleado, el cual se encuentra en contacto directo con el microambiente que rodea a la edificación. Para determinar su composición o naturaleza estructural se empleó la técnica de difracción de Rayos X de polvo. Para la observación del color, textura y otras características de los minerales componentes se utilizó el microscopio de luz polarizada con nícoles paralelos y nícoles cruzados. Se realizaron dos láminas delgadas con secciones de 0,03 mm de espesor y dimensiones aproximadas de 5 cm de largo por 3 cm de ancho, pegadas sobre un vidrio y cubiertas con otra lámina de vidrio de menor espesor.

El análisis del comportamiento de las fachadas se realizó de forma independiente, debido a que cada una de ellas presentaba diferentes orientaciones, según se observa en el esquema en planta (figura 2). Cada orientación fue identificada con una letra de la A hasta la D para facilitar el proceso de análisis.

La identificación de los indicadores macroscópicos de alteración trae implícita la descripción y el comportamiento de los daños, por lo que se hizo necesaria la elaboración de una nueva propuesta de clasificación, para lo cual se tomaron como referencia diferentes terminologías y normas empleadas internacionalmente que se adaptaban a los problemas específicos y a las condiciones propias del inmueble, destacando aquellos signos que se observaron con mayor frecuencia.

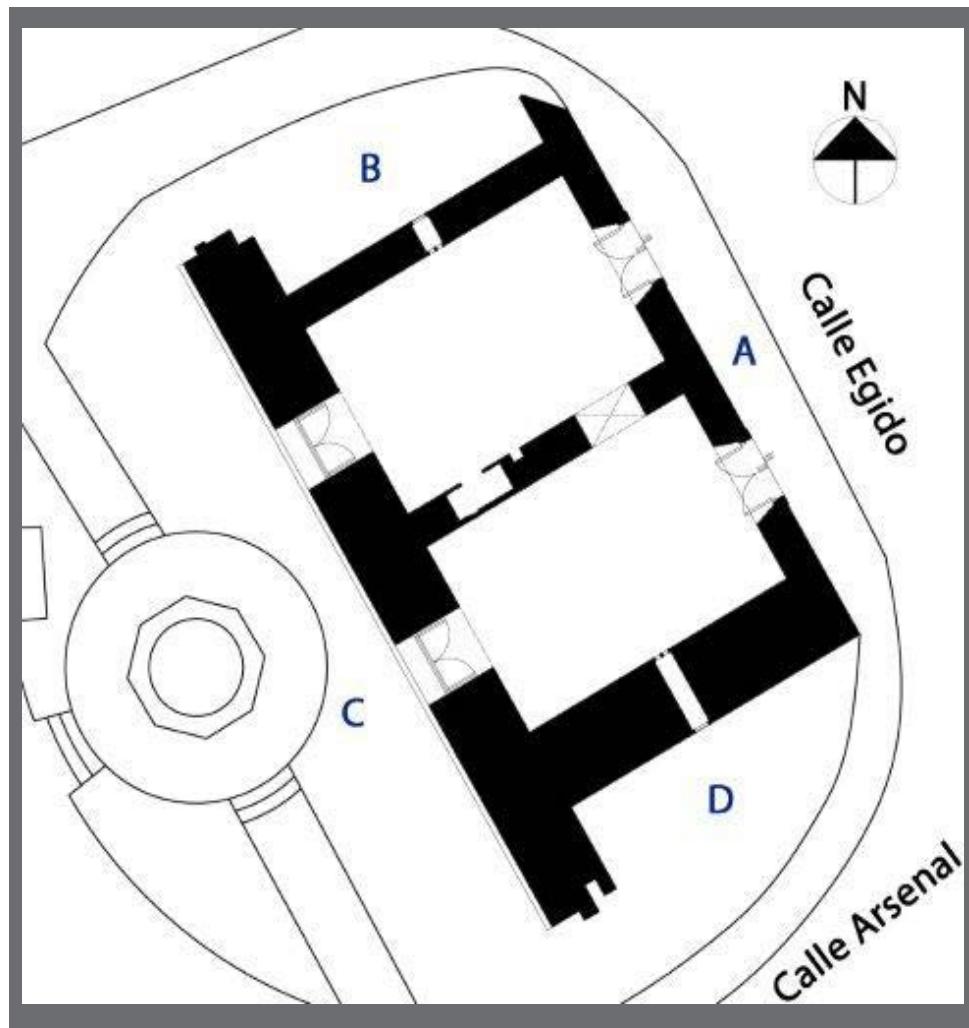


Figura 2: Esquema en Planta del Arsenal. Fuente: Autor, 2014

Para la identificación de las diferentes especies de plantas y microorganismos presentes en algunas zonas de la edificación, se siguió la metodología que emplea la Subdirección de Diagnósticos de la Empresa de Proyectos Restaura, otra Dirección de Proyectos de Arquitectura y Urbanismo de la Oficina del Historiador [12]. Mediante la misma se realizaron varias mediciones con el empleo del pie de rey y la lienza y el monitoreo de las grietas más significativas, visualmente apreciables y accesibles, relacionadas con la penetración de las raíces. Se procedió a la toma de muestras, primeramente se tomaron fotos de las mismas para identificarlas y posteriormente se efectuó una clasificación, debido a la alta colonización del paramento exterior por plantas superiores.

Las investigaciones sobre musgos y líquenes se llevaron a cabo tanto en obra como en el propio laboratorio de diagnósticos. Después de un muestreo realizado se tomaron fotografías y se pasó a la observación de sus caracteres en el microscopio. Las especies identificadas se compararon con ejemplares referidos en estudios anteriores como plantas epílticas de inmuebles patrimoniales habaneros. Para identificar el porte biológico de cada especie se consultaron los trabajos de Cuza & Rodríguez entre el 2005 y 2008 [13]. Frecuentemente, en líquenes y briofitas se examinan el talo y los elementos reproductores. Igualmente, para las plantas superiores se estudian los elementos constitutivos como son hojas, flores y frutos [14].

Finalmente, se expresaron los resultados más significativos de los diferentes estados de deterioro y su relación con las características del medio que la rodea, específicamente el microambiente próximo a la edificación; aspectos fundamentales para la determinación del origen de las alteraciones que contribuye a las futuras propuestas o alternativas de intervención, en función de los problemas detectados.

Resultados y discusión

Características del material de construcción empleado

Para la construcción se utilizó muro de sillería, considerado por muchos especialistas como la más estable y sólida de las obras de fábrica. Por su alto costo, el uso de la fábrica pétreas estaba confinado a los sumptuosos edificios militares y religiosos, además de un número limitado de majestuosos palacios y grandes casas de gobierno o pobladores ricos. Según de las Cuevas, las piedras utilizadas para la construcción fueron extraídas de varias canteras próximas al emplazamiento como la ubicada en el Arsenal, otra en la calle Consulado, arrecifes del tramo costero entre Prado y San Nicolás, Campo de Marte, y otras tres de las actuales calles Lagunas, Galiano y San Miguel [15].

Se partió del conocimiento general de que el material fundamental que compone las edificaciones, de las que existe referencia, es la piedra natural sedimentaria, de tipo caliza, compuesta por cristales de pequeño tamaño unidos por un cemento o matriz que contiene en su estratificación restos de fósiles. Cabe destacar, que al estar formada mayoritariamente por fragmentos fácilmente reconocibles de conchas calcáreas, a veces enteras, a este tipo de piedra se le denomina generalmente "piedra conchífera" (figura 3).

La técnica del difractómetro de polvo permitió obtener los diagramas de los sólidos cristalinos y posibilitó la identificación de cada tipo. El pico dominante de la difracción de Rayos X corresponde al carbonato cálcico o calcita, siendo menor en el muro C (perteneciente al lienzo de muralla)

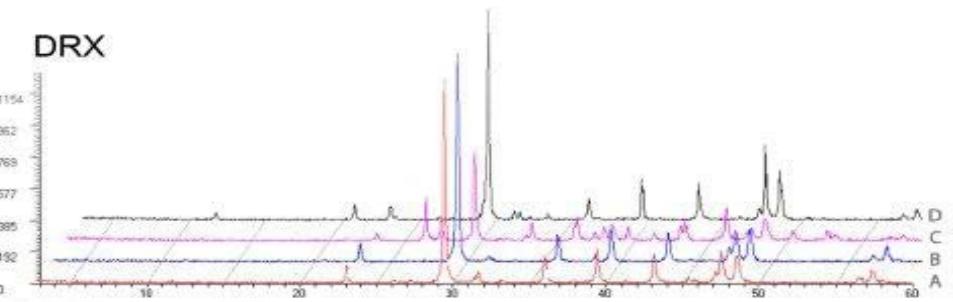
- [12] Chávez J, Álvarez O. Metodología para el diagnóstico y restauración de edificaciones. Revista de la Construcción. 2005 4(2):47-54.
- [13] Cuza A, Rodríguez R. Plantas epílticas del Castillo de La Fuerza en el Centro Histórico de La Habana Vieja, mecanismos de dispersión y distribución. Revista del Jardín Botánico Nacional. 2006;27-28(2006-2007):61-4.
- [14] Caneva G, Nugari MP, Salvador O. La biología en la restauración. 2da ed. Editorial Nerea; 2000. 275 p., pp.231-232. ISBN: 84-8956948-7.
- [15] Cuevas Toraya Jdl. 500 años de construcciones en Cuba. Madrid: D. V. Chavín, Servicios Gráficos y Editoriales; 2001. 562 p. pp.30-34.



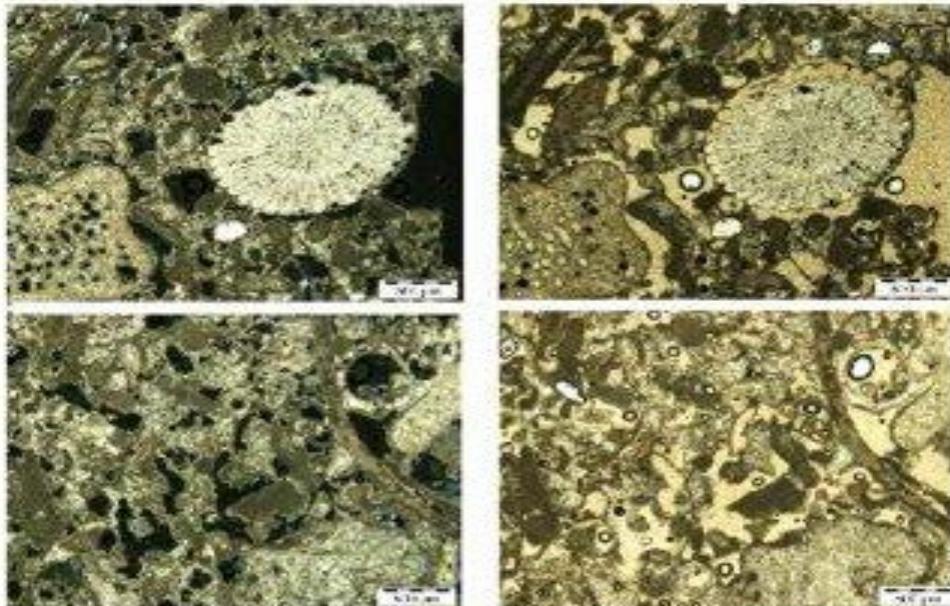
Figura 3: Presencia de conchas y otros restos marinos en la piedra utilizada.
Fuente: Autor, 2014

conteniendo además pequeñas cantidades de materiales detríticos, como arcillas o cuarzo. Se pudo observar a través del microscopio de luz polarizada paralela y cruzada, la presencia de foraminíferos y otros restos calcáreos, pequeños organismos unicelulares que producen una concha de carbonato cálcico (figura 4). Todo esto permitió identificarla como un tipo de roca calcarenita. Por sus características, constituye una de las rocas que más se afectan por los diferentes agentes (químicos, físico-mecánicos,

[16] Real C. Análisis y valoración de los deterioros en la Fortaleza de Santo Domingo de Atarés [Máster]. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Arquitectura; 2010.



LÁMIMAS DELGADAS



Nícoles Paralelos

Nícoles Cruzados

Forma parte ya del conocimiento de algunos estudiosos, puesto que se puede apreciar en imágenes antiguas, que muchas de estas construcciones no presentaban la piedra a vista y que sus repellos fueron retirados en intervenciones posteriores. Según entrevistas realizadas por la Ing. Consuelo Real al grupo del Gabinete de Arqueología de la Oficina del Historiador de La Ciudad, algunos monumentos tuvieron originalmente sus muros protegidos por un revoco conformado fundamentalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), que posteriormente fueron eliminados. Estos morteros se aplicaban en ambas caras, debido a la terminación rústica del elemento pétreo, cumpliendo con una función estética y a la vez, sirviendo de protección ante los factores o agentes externos [16]. Las investigaciones pudieron constatar que en el Arsenal aún existen aislados testigos. La terminación de sus muros fue realizada con sillares de piedra labrada, con rejuntados y revestimientos de mortero o argamasa de cal, arena y agua.

Figura 4: Diagrama de sólidos DRX y Láminas delgadas. Fuente: Autor, 2014

Clasificación de los indicadores de alteración de la piedra y su relación con el medio ambiente

No resulta posible comprender los principales aspectos relacionados con la patología de la piedra si no se cuenta con el empleo de una terminología adecuada. El presente trabajo plantea una nueva propuesta de clasificación. Para realizarla, se hizo una simplificación de términos, tomando en consideración la gran cantidad y diversidad que existen, unificando aquellos que se refieren a un mismo indicador, eliminando ambigüedades y ajustándose a los glosarios mayormente empleados tanto en el ámbito nacional como internacional y que aún continúan siendo ampliamente debatidos. De esta forma se le denomina indicadores de alteración a todos los síntomas que se aprecian visualmente en la piedra, como es el caso de las costras o pátinas que se forman en su superficie; considerando a los factores o agentes de alteración, las causas u origen de los daños.

Desde hace algunas décadas se vienen desarrollando diversos trabajos inmersos en esta temática en los cuales clasifican como factores intrínsecos, a aquellos que están relacionados con la naturaleza, propiedades y características del material; y extrínsecos, a los que se ve sometido un material una vez emplazado en el edificio, los cuales actuarán en la acelerada degradación del mismo como son: el viento, la lluvia, variaciones de temperatura, etc. [17, 18]. En la actualidad estas denominaciones están vigentes y los factores mencionados continúan incrementando los daños de manera considerable. Esto hace que los investigadores insistan en el análisis de las condiciones del microambiente próximo a la edificación, esencial para comprender y enfrentar el deterioro [19, 20].

Dentro de lo que más se destacan, está la acción de los diferentes contaminantes atmosféricos provenientes de instalaciones muy próximas al monumento. La zona enclave presenta grandes problemas de contaminación debido al desarrollo industrial que se concentra alrededor de la bahía y la propia contaminación de la misma, así como el tráfico rodado que circula por las arterias que circunvalan al inmueble y la cercanía de la estación de ferrocarriles. Los registros de humedad relativa son muy altos, la isla de calor que se origina provoca grandes cambios de temperatura, y la velocidad del viento llega a alcanzar valores por encima de 90 Km/h en los períodos de actividad ciclónica [21].

Muy ligadas a esto se encuentran las precipitaciones, que propician las reacciones de fluoruros y cloruros que se fijan en las superficies y penetran hacia el interior del elemento, ocasionando la pérdida de componentes, debido al carácter ácido y agresivo que poseen. Al cristalizar las sales, aumentan su volumen y provocan tensiones en el material. Se trata de un proceso que tiene lugar tanto en el interior (subflorescencia salina o criptoeflorescencia), como en el exterior del paramento (eflorescencia salina) [22]. Una vez iniciadas estas acciones, se generan los procesos físicos, químicos y biológicos que se desarrollan hasta producir la lesión y es lo que se conoce como mecanismos de alteración.

La clasificación que se aplica en este caso se agrupó en cinco categorías principales (figura 5), diferenciándose en algunos aspectos de la variante inicial adoptada [23], la cual estuvo basada en los trabajos de prestigiosos profesionales como Mónica Añorbe y Rosa M. Esbert [24, 25]. Si bien, en aquellos momentos donde existían limitadas investigaciones nacionales, su adaptación al contexto habanero constitúa una herramienta esencial para apoyar el estudio; retomarla hoy en día de manera exacta, traería

- [17] Amoroso GG, Fassina V. The influence of meteorological parameters on the dispersion of air pollutants. In: Stone Decay and Conservation. Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection. Amsterdam; New York: Elsevier; 1983. p. 156-172.
- [18] Sebastián Pardo EM, Rodríguez-Navarro CM. Alteración y conservación de materiales pétreos ornamentales: antecedentes y estado actual de conocimientos. Ingeniería Civil. 1994;(96):167-78.
- [19] Orea H, Palacios J. Análisis del deterioro de los elementos labrados del Edificio 33 de Yaxchilán, Chiapas: un estudio representativo del intemperismo de las rocas calizas de la región del Usumacinta. Intervención. 2013;4(7):21-8.
- [20] Smith BJ, Gómez-Heras M, Viles HA. Underlying issues on the selection, use and conservation of building limestone. Geological Society. 2010;331:1-11.
- [21] Ravelo G. Influencia de los elementos climáticos en el deterioro de las fachadas de edificaciones del barrio Colón. Arquitectura y Urbanismo [Internet]. 2011 [consultado 14 de noviembre 2014]; 32(3):[39-41 pp.]. ISSN 1815-5898. Disponible en: <http://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/download/116/115>.
- [22] Pancorbo F. Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación. Barcelona: Marcombo; 2011. 594 p. pp. 94-95. ISBN 978-8426715760.
- [23] Arencibia Iglesias SR. El mal de la piedra en los Monumentos Históricos de La Habana. The Stone Illness. Cimientos. 2002;3(4). ISSN 1680-0354.
- [24] Añorbe M. Valoración del deterioro y conservación en la piedra monumental. Madrid: Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento y CEDEX; 1997. 269 p.
- [25] Esbert Alemany RM, Ordaz J, Alonso FJ, Vázquez P. Analysis of stone material damages in buildings. Recopar. 2006;(3):26-9.

dificultades en la comprensión, descripción e interpretación de los nuevos fenómenos que están teniendo lugar, principalmente los que son causados por microorganismos y las modificaciones antrópicas. Súmanse a esto las nuevas revisiones, observaciones y análisis efectuados tanto in-situ como de las normas o congresos internacionales [26, 27], así como de los nuevos documentos que han surgido, como es el caso del glosario de Verges-Belmin [28].

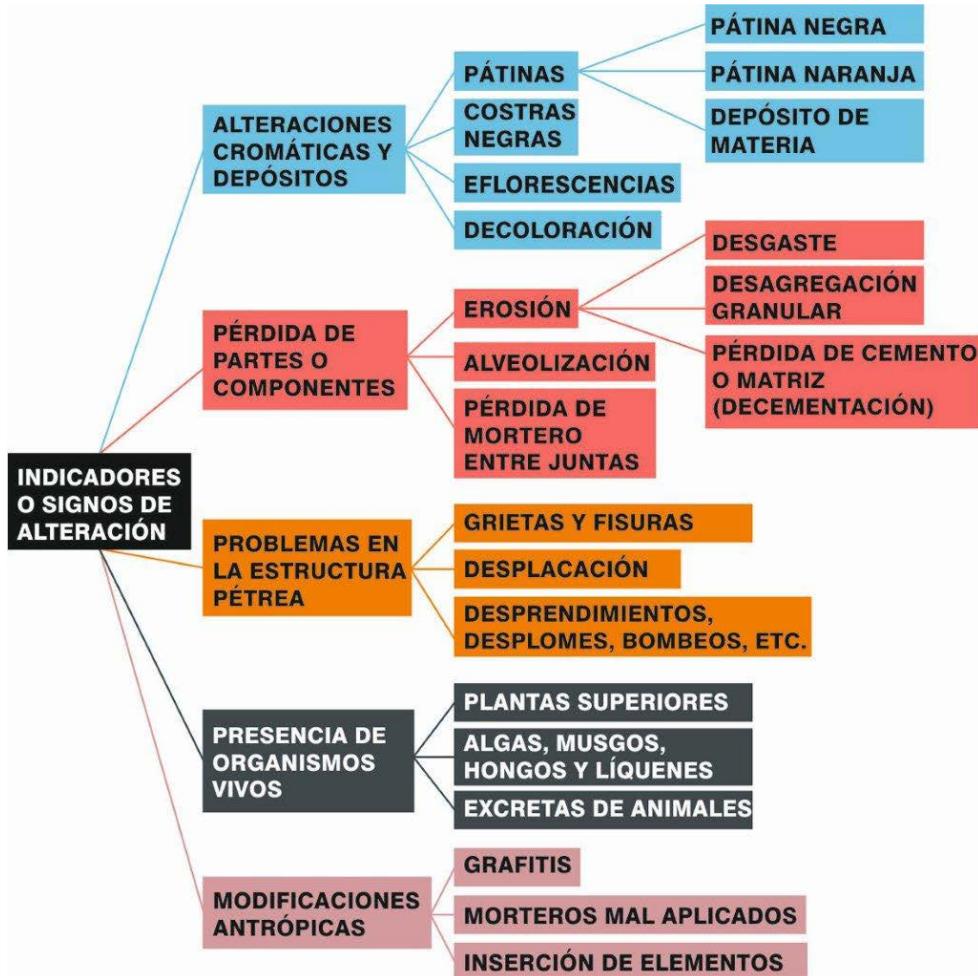


Figura 5. Clasificación de los indicadores de alteración presentes en el Arsenal

Principales deterioros según su orientación

Se muestra una síntesis de los deterioros que aparecen con mayor frecuencia en los muros de cada una de las fachadas del Arsenal de La Habana, atendiendo a su orientación geográfica.

Lado A - Orientación Noreste (NE): Fachada que contiene la entrada principal del inmueble. Presenta costras negras, generalizada en toda la superficie superior; erosión superficial en las zonas bajas próximas a la jardinería y en elementos altos batidos por el viento; grietas verticales selladas con mortero y pérdida de material de juntas entre sillares; crecimiento biológico en forma de colonias de musgos y líquenes, localizadas principalmente en la parte inferior y debajo de las escorrentías de las gárgolas, por ser las zonas más húmedas. También se pueden observar modificaciones antrópicas, que responden fundamentalmente a transformaciones que ha sufrido el inmueble a través de los años (figura 6).

[26] Consiglio Nazionale delle Ricerche e dell'Istituto per il Restauro. Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico. NORMAL-1/88. Roma, CNR-ICR, 1990.

[27] RILEM TC 25-PEM. Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement. Materials and Structures. 1980;13(75):175-243. ISSN 1359-5997.

[28] Verges-Belmin V. Glossaire illustré sur les formes d'alteration de la pierre. Monuments & Sites Paris: ICOMOS, International Scientific Committee for Stone. 2008; (15).



Figura 6. Entrada al Arsenal. Predominio de crecimiento biológico en las escorrentías debajo de las de las gárgolas. Fuente: Autor, 2014

Lado B - Orientación Noroeste (NW): Es el lado más afectado debido a la relación entre la propia geometría de la fachada y la orientación, estando en sombra todo el día, lo que propicia el crecimiento biológico en el área próximas a la zonas húmedas. Los sillares se encuentran erosionados, principalmente en las zonas bajas. Se pone de manifiesto una extensa área de recubrimiento orgánico, llegando casi a colonizar casi todo el paramento. Muestra además afectación por pátinas y costras negras y eflorescencias salinas. También ha sufrido intervenciones de elementos adosados como la colocación de instalaciones o redes técnicas (figura 7).

Lado C - Orientación Suroeste (SW): Se corresponde con un lienzo de la antigua muralla. Posee vanos de diferentes dimensiones protegidos por rejas. La discontinuidad en sus extremos ha propiciado la aparición de daños en la estructura pétrea de la zona truncada. La presencia de plantas superiores va destruyendo el sillar producto de la penetración de las raíces. Se debe resaltar que aunque no pudo ser eliminada totalmente, fue cortada la parte superior del ficus semiembebido en el muro, mejorándose así las condiciones y estado del mismo. En las partes inferiores se localizan pátinas biológicas asociadas a las zonas poco soleadas que se identifican por su coloración verdosa. La erosión superficial, a diferencia de los lados A y B, se localiza hacia la zona superior. Las costras negras, al igual que las plantas superiores aparecen de forma generalizada (figura 8).

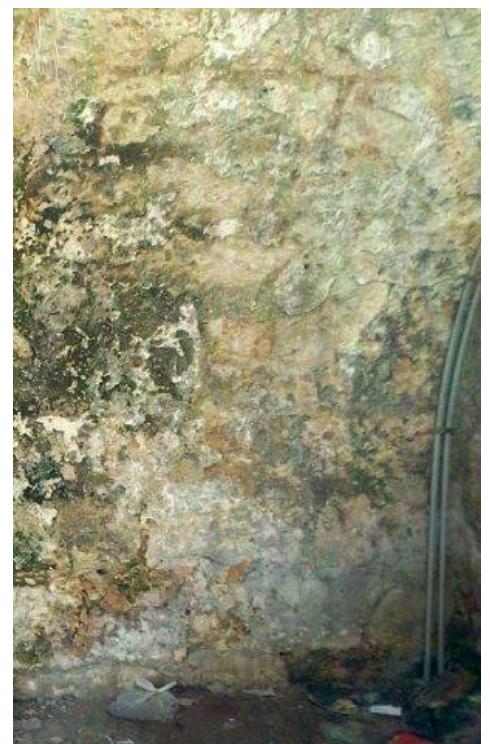


Figura 7. Instalaciones expuestas. Colonias de crecimiento biológico próximas a zona húmeda. Fuente: Autor, 2014

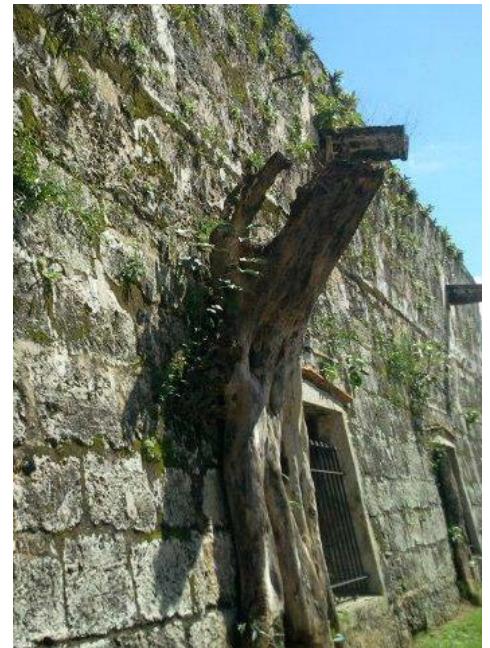


Figura 8. Colonización de plantas superiores de gran tamaño y presencia de costras negras

Lado D - Orientación Sureste (SE): Presenta una geometría similar al lado B, con la diferencia de que recibe la luz directa del sol gran parte del día y las zonas de crecimiento biológico se localizan únicamente en las zonas protegidas de esa geometría, donde hay gran contenido de humedad; siendo este el principal síntoma de alteración (figura 9). Las modificaciones antrópicas se manifiestan una vez más, como en el resto de las orientaciones, por la presencia de morteros con colores contrastantes y un pequeño vano tapiado, producto de modificaciones al paso del tiempo.

Los resultaron obtenidos indicaron que los signos de alteración de las diferentes partes que conforman el inmueble no presentaban aspectos ni tamaños similares. Reveló además, que el antiguo lienzo de muralla presentaba similar morfología macroscópica de alteración que el resto de los elementos en cada orientación, pero con magnitudes variables. Al establecerse una comparación cuantitativa entre las magnitudes de los daños, se pudo comprobar que existe un comportamiento no uniforme de los indicadores debido a la orientación del elemento dañado. Asimismo, en una misma orientación varía el estado de conservación debido a los factores medioambientales que inciden en el proceso patológico de la piedra del monumento como son: superficies erosionadas, oquedades, desagregaciones, costras y pátinas de diferentes tipos. Otras alteraciones localizadas fueron las plantas superiores y/o colonias de líquenes y musgos; también las modificaciones antrópicas. Los morteros empleados en los revestimientos y rejuntados, en algunos casos, presentan disagregación y mala calidad, denotándose esta última por la facilidad con que se desprenden.

Se aprecia una marcada erosión, causada por agentes naturales (lluvia, viento, salinidad) y por el hombre, sin descartar la acción de los agentes microbiológicos, caracterizada por pequeños orificios o cavidades en la piedra y por la pérdida o caída del material de rejuntado entre sillares. Se determinó el tipo y longitud de las grietas y fisuras. La presencia de grietas se debe al crecimiento de plantas superiores y el efecto dañino de sus raíces, y no a movimientos o fallos estructurales; y las fisuras aparecen en las superficies más expuestas del material, y se originan producto del brusco enfriamiento superficial del paramento que producen las precipitaciones, luego de estar muchas horas expuesto a la luz directa del sol, esencialmente en el lado D, orientado al sureste.

Se pudo constatar que al igual que en resultados anteriores, la forma alveolar de los deterioros se concentra en los elementos y zonas más azotadas por la lluvia y el viento, y que las pátinas y costras negras son características de las partes menos asoleadas y más húmedas de la superficie de la estructura mural.

Las especies de plantas superiores identificadas se agruparon según el porte biológico (arbóreo, arbustiva o herbáceo) como paso esencial para evaluar los métodos de erradicación (Tabla 1). Las plantas de porte arbóreo como los ficus, álamos y jagüeyes han ido profundizando y extendiendo sus raíces, muchas de ellas próximas a la coronación del muro, provocando aberturas que pueden generar un mayor daño en los elementos si no son controladas a tiempo. De ahí la importancia de identificar y controlar el crecimiento de estos organismos en etapas tempranas, garantizando la remoción de la raíz de forma íntegra.

También se encontraron plantas herbáceas que contribuyen a la retención de humedad en el substrato y facilita el crecimiento de otras plantas más

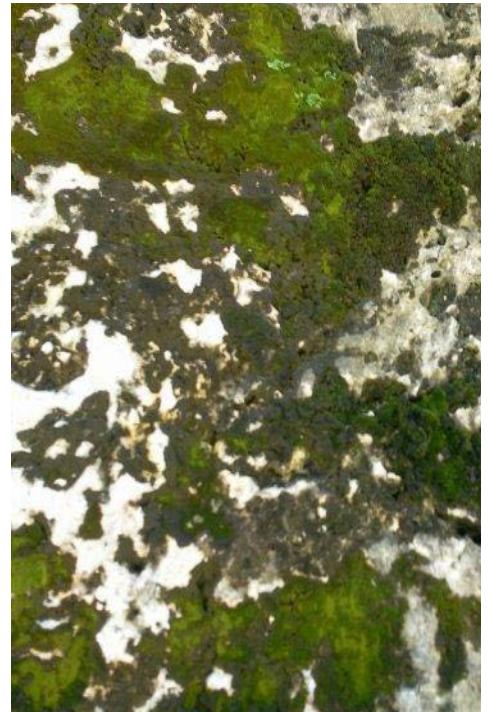


Figura 9. Crecimiento biológico en las superficies de los elementos de piedra más protegidos

Tabla 1: Identificación de las especies de porte arbóreo, arbustivas y herbáceas

Nombre Científico	Nombre Vulgar	Familia Botánica	Porte Biológico
<i>Albizia lebbeck</i>	Algarrobo de olor	Mimosaceae	Arbóreo
<i>Ficus sp.</i>	Laurel	Lauráceae	Arbóreo
<i>Ficus sp.</i>	Jagüey	Moraceae	Arbóreo
<i>Ixora coccinea o incarnata</i>	Ixora roja	Rubiaceae	Arbustiva
<i>Morinda royoc L.</i>	Piñi piñi	Rubiaceae	Arbustiva
<i>Muntigia calabura</i>	Capulí	Elaeocarpáceae	Arbustiva
<i>Anogramma leptophyla</i>	Helecho	Pteridaceae	Herbácea
<i>Cenchrus echinatus L.</i>	Guisazo de caballo	Poaceae	Herbácea
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Portulacaceae	Herbácea

agresivas. Se favorece además la transportación de las diásporas debido a la extensa vegetación presente en los alrededores, la circulación y dirección del viento, la altura y posición del inmueble con relación al resto de las edificaciones de esa zona y como vértice donde concurren tres arterias con alto tráfico vehicular de la ciudad. Se identificaron en total 6 plantas de porte arbóreo, 4 arbustivas y 13 herbáceas¹.

Conclusiones

En las fachadas de piedra del Arsenal de La Habana, inmueble perteneciente al repertorio de construcciones militares habaneras erigidas entre los siglos XVI y XVIII, se desarrollan diferentes morfologías macroscópicas de alteración, debido a factores intrínsecos y extrínsecos implicados en el deterioro de materiales pétreos naturales.

Se identificó el tipo de piedra que conforma la edificación, siendo la primera vez que se realiza este tipo de análisis al monumento. La piedra utilizada es de tipo calcarenita, la cual se encuentra afectada por agentes biológicos que abarcan desde los microorganismos que colonizan el sustrato, hasta una gran variedad de plantas superiores que se alojan en las partes altas de los muros, cuyo desarrollo de las raíces propician un alto grado de deterioro de los elementos pétreos.

En relación a las formas de alteración presentes, se determinó que los procesos de deterioro que se desarrollan en las fachadas del Arsenal no se producen de forma homogénea sino que van variando según la orientación. De igual forma, en una misma orientación se observa un comportamiento desigual de las lesiones, las cuales fueron diagnosticadas y clasificadas en cinco grupos principales.

Para registrarlos se realizó una nueva propuesta de clasificación de los signos de alteración, lo que permitió identificar e inventariar el tipo presente en el monumento, de acuerdo a su origen y comportamiento, unificando términos y eliminando ambigüedades existentes. Esta propuesta permite a los actores del patrimonio: historiadores, restauradores, arquitectos, ingenieros, arqueólogos, y otros, poder manejar y aplicar un lenguaje común al patrimonio de piedra habanero y estar en correspondencia con la terminología internacional.

¹ La Tabla 1 es indicativa de cómo se agruparon las 23 especies encontradas, por lo que se muestran solamente 3 de cada tipo. Se debe mencionar que cuando las plantas se encuentran en etapas muy tempranas, se hace difícil determinar la especie. Por tal motivo, en ocasiones solo se referencia el género (ejemplo *ficus* sp.).

Los elementos pétreos que componen las fachadas del Arsenal se encuentran expuestos a la acción directa del medio y con deterioros visualmente apreciables, los cuales han sido registrados e inventariados. Las costras negras, dentro del grupo de las alteraciones cromáticas y depósitos, se alojan principalmente en las zonas más resguardadas del sol y la lluvia, la propia geometría de la fachada proporciona un mayor contenido de humedad, por ende mayor desarrollo de este indicador; y las modificaciones antrópicas están dadas fundamentalmente por acciones y soluciones constructivas anteriores como la colocación de instalaciones y la aplicación de morteros.

A pesar de que los resultados arrojados demuestran la existencia de signos de alteración de la piedra que conforma las fachadas del Arsenal, se pudo constatar que el inmueble mantiene sus valores histórico y de integridad, así como su belleza asociada a la perfección técnica y constructiva.



*Sergio Raymant Arencibia Iglesias
Arquitecto. Máster en Conservación
y Rehabilitación del Patrimonio
Edificado. Profesor Auxiliar del Colegio
Universitario San Gerónimo de La
Habana. Oficina del Historiador –
Universidad de La Habana.
E-mail: sergior@sangeronimo.ocn.cu*



*Alina Romeo Sáez
Licenciada en Biología. Subdirección
de Diagnósticos. Dirección General de
Proyectos de Arquitectura y Urbanismo
(DGPAU) de la Oficina del Historiador.
E-mail: alina@diagnosticos.proyectos.
ohc.cu*



*Niurka Fernández Muñoz
Ingeniero Geofísico. Máster en
Conservación y Explotación de
Edificaciones. Especialista Principal
de Proyectos e Ingeniería en la
Subdirección de Diagnósticos. DGPAU,
Oficina del Historiador.
E-mail: niurka@diagnosticos.proyectos.
ohc.cu*