

## PATOLOGIAS POR LA HUMEDAD EN LOS MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN

### Pathologies by humidity in the materials for construction

#### RESUMEN

La microestructura del material bajo condiciones críticas de humedad genera que el vapor de agua presente migre a través del elemento constructivo, describiendo un gradiente térmico, condensándose en algún punto de esa trayectoria al encontrar un plano frío. Esta humedad sumada a otros factores como la luz, el oxígeno, el pH, los nutrientes y la contaminación atmosférica origina el biodeterioro provocando la aparición de microsistemas y generando lesiones en el material mecánicas y Químico Biológicas. Estas patologías implican restauración o cambio. Sin ser excluyentes desde una mirada del Diseño se debe considerar como factor de deterioro el psicodeterioro del material.

**PALABRAS CLAVES:** Biodeterioro, Biopelícula, Bioreceptividad, Complejólisis, Humedad, Microestructuras, Patología, Psicodeterioro.

#### ABSTRACT

*The material microstructure under critical conditions of dampness generates that the steam of present water migrates across the constructive element, describing a thermal gradient, becoming condensed in some point of this path on having found a cold plane. This dampness added to other factors as the light, the oxygen, the pH, the nutrients and the atmospheric pollution originates the bio-deterioration provoking the microsystem appearance and generating Mechanical, Biological and Chemical injuries in the material. These pathologies imply restoration, repair or change. Without being exclusive from a Design sight the psycho-deterioration must be considered to be a factor of material deterioration.*

**KEYWORDS:** Bio-deterioration, Bio-pellicle, Bio-receptivity, Complexation, Dampness, Microstructures, Pathology, Psycho-deterioration.

#### 1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la colonización comercial hace parte de las dinámicas del mundo actual, donde el desarrollo tecnológico es protagonista y generador de transformaciones independientemente de las formas como se lleve a cabo, dando lugar a modos de vivir, modos de usar los objetos, es decir cultura. Esta muta permanentemente redefiniendo paradigmas valorativos de los materiales; siendo afectada por logros tecnológicos que le asignan variaciones a su normal trayectoria evolutiva.

Una Patología por la Humedad en los Materiales para Construcción (PHMC) puede interpretarse de tal forma que permita equilibrar la incidencia de esta con respecto a los logros tecnológicos para ser abordada *holísticamente* y no parcialmente con el fin de lograr una relación directa y armónica con la sociedad puesto que todo objeto del conocimiento no debe ser estudiado *per se* y confinado en sí mismo, sino en consideración con su

entorno, pues como se plantea bajo las directrices de una visión holista el todo difiere de la suma de sus partes.

En cuanto a las PHMC y siguiendo con lo planteado anteriormente se requiere de una nueva clase de investigador, que se enfrente al material y a sus procesos de *biodeterioro* conciente de su dimensión de diseñador y como tal debe considerar que sus diseños se hacen para un alguien que es parte de un contexto; debe ser un individuo que interpreta la materialidad y propone composiciones que se desempeñaran de forma más resistente, más duradera, más aséptica y finalmente más exitosa al ser causales de una mayor valoración por el usuario. Se debe convertir entonces en un *contextualizador* del material que crea.

A lo largo del presente artículo se relacionarán los resultados de un análisis descriptivo de las PHMC inorgánicas (objeto del estudio realizado) abordando sus principios físicos, químicos y biológicos. Se presentará un caso propio de la arquitectura del eje cafetero, con una

#### CARLOS ALBERTO AVENDAÑO RESTREPO

Diseñador Industrial.  
Docente Investigador  
Universidad Católica Popular del Risaralda  
[cavendano@ucpr.edu.co](mailto:cavendano@ucpr.edu.co)

#### CARLOS ANDRES LONDOÑO ECHEVERRI

Ingeniero Mecánico.  
Docente Investigador  
Universidad Católica Popular del Risaralda  
[clondono@ucpr.edu.co](mailto:clondono@ucpr.edu.co)

#### MIGUEL ANGEL VELA ROSERO

Arquitecto.  
Profesor Auxiliar  
Universidad Católica Popular del Risaralda  
[arqvela@ucpr.edu.co](mailto:arqvela@ucpr.edu.co)

**Grupo de investigación:  
Tecnología y Diseño UCPR**

mirada integral que considera el impacto cultural de las mismas.

## 2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PHMC

Las PHMC demandan el estudio de los factores que determinan el *biodeterioro* —cambio no deseado en las propiedades de un material ocasionado por la actividad vital de organismos y/o microorganismos—; siendo estos factores la humedad, la temperatura, la luz, el oxígeno, el *pH*, los nutrientes y la contaminación atmosférica. Los mecanismos del *biodeterioro* son de tipo Físico [2] (Acción mecánica de los organismos vivos sobre el sustrato) y de tipo químico (Producción de ácidos, enzimas y pigmentos)

Las construcciones, luego de estar expuestas a los factores antes mencionados desarrollan el sustrato inorgánico que sumado a sustratos orgánicos dan sostenimiento a microsistemas de organismos autótrofos y heterótrofos, que llegan al material gracias a fuentes de entrada como el mismo suelo, los visitantes de la construcción, procesos de intervención, malas condiciones asépticas, contenedores destapados, perforaciones y grietas.

El *biodeterioro* de estos materiales estructurales resulta frecuentemente del secuestro de calcio y otros iones —*complejólisis*—, lo cual deja la superficie erosionada y expuesta al ataque ambiental. Los microorganismos son capaces de obtener de ellos varios elementos necesarios para su metabolismo como calcio, aluminio, silicio, hierro y potasio por procesos de *biosolubilización* [1] (que involucra la producción de metabolitos ácidos por las bacterias y hongos), además involucra la producción de ácidos tanto orgánicos como inorgánicos por algas, líquenes, hongos y bacterias. La producción de ácidos es uno de los mecanismos *biogeoquímicos* mejor conocidos como causa del *biodeterioro* de la piedra y las arcillas, insumos estos usados en abundancia para la construcción. Los mecanismos más relevantes en el *biodeterioro* de este tipo de construcciones son la producción metabólica de ácidos, acción *complejante* sobre algunos elementos del material estructural, biotransformación de componentes minerales de la piedra y efectos mecánicos.

Como síntomas de *biodeterioro* se pueden enunciar manchas, eflorescencias, decoloraciones, ahuecamientos, desfiguraciones, desorganización de los elementos, *desfibrilación*, fisuras y grietas, así como cambios en propiedades mecánicas, químicas y ópticas. Otros síntomas debido a la presencia de microorganismos *fototróficos* son principalmente de tipo estético a causa de la coloración de la superficie, constituyendo el primer impacto *biogeo físico* precursor de la posterior formación de depósitos o costras. Estos cambios superficiales inducen a modificaciones en la termo-higroscopicidad del sustrato generando un gradiente térmico, condensando la humedad en algún punto al encontrar un plano frío

favoreciendo la formación de *biopelículas* constituidas por un mucílago o gel de material polimérico extracelular con un alto grado de hidratación (aprox. 95% de agua), que contiene células en suspensión, además de material particulado de origen orgánico o inorgánico. Las *biopelículas* modifican drásticamente las características fisicoquímicas del medio en contacto con el material haciéndolo mucho más agresivo; en los materiales estructurales las *biopelículas* microbianas pueden encontrarse en forma *epilitica* (sobre la superficie), *casmoendolítica* (en grietas o fisuras) o *euendolítica* (dentro del material).

Las algas y *cianobacterias* son generalmente los colonizadores primarios de las construcciones por su requerimiento de luz. Pueden deteriorar los materiales tanto química como mecánicamente y su presencia comúnmente se detecta por la aparición de pátinas oscuras o costras. Los líquenes (asociaciones simbióticas de hongos y algas) están también relacionados al *biodeterioro* del material al igual que los musgos y plantas vasculares. Los líquenes tienen alta resistencia a la desecación y a las altas temperaturas.

## 3. CASO EJE CAFETERO, UNA MIRADA DESDE EL DISEÑO

No existe material natural y/o desarrollado por el ser humano que sea inmune al deterioro. El fenómeno de la degradación de materiales por causa de la humedad debe ser entendido en principio como un proceso, es decir, si bien la condensación del agua permite que se desarrollen una cadena de sucesos que derivan en la degradación de las propiedades intrínsecas de los materiales; no puede desarticularse del primer elemento que se concatena siendo este la llegada de hongos, bacterias y organismos protozoarios al material, facilitados en su acceso por las condiciones ambientales. A este respecto el eje cafetero no es la excepción, suscitando el interés de los ponentes del presente artículo y permitiendo centrar la mirada analíticamente sobre principios funcionales y soluciones desarrolladas previamente para la interacción con las PHMC, que luego fueron desestimadas y venidas a menos; siendo las soluciones de las propuestas arquitectónicas de la colonización *paisa*, tradicionales en el eje un valioso archivo del saber vernáculo que reclama ser aprovechado por investigadores de diversas ramas a las que una actividad común; el diseño, nos convoca.

El eje cafetero colombiano es una región con alta incidencia de aguas lluvias, que conjugadas con otros agentes naturales como la acción solar intensa ofrecen unas condiciones de vida y desempeño exigentes a los materiales para construcción, por lo cual de cara a este entorno agresivo se originaron e implementaron paulatinamente mediante procesos de ensayo y error en los laboratorios de la vida cotidiana, construcciones arquitectónicas como sumatoria de soluciones sincréticas para poder coexistir con las PHMC, que integraron

armónicamente funciones tan disímiles como la decorativa y la aséptica del espacio en la periferia y al interior de la vivienda, así como del material de obra, conformando a lo largo del tiempo un estilo ingenioso e inconfundible de defensa natural; una fusión con el medio que nos identifica y sustenta.

Emergieron hallazgos puntuales en elementos arquitectónicos que tenían en cuenta refinados detalles de diseño, estos ofrecían a la vivienda soluciones biosostenibles, capaces de regular la presencia de los agentes responsables de la aparición de las PHMC. En la actualidad estos detalles fueron extirpados por las tendencias emergentes de la sociedad de consumo, sujetas a fenómenos de moda, llegadas a nuestro contexto ofertando a los usuarios otro tipo de valores percibidos que derogan el sentido del equilibrio con el entorno natural y caracterizando la materia con su marca de *desechabilidad*, sin dar lugar a procesos de ennoblecimiento de la superficie de los materiales por obra y gracia del tiempo.

¿Qué encuentra un patólogo de los materiales de la construcción tras los artesanados que cubren los muros el ayer?

Un observador podría preguntarse ¿Por qué estas construcciones cafeteras siguen íntegras y en pie? ¿Por qué los muros desnudos de construcciones más recientes —Figura 4— se desmoronan en breves lapsos de tiempo? Aún se pueden ver artesanados decorativos y funcionales —Figura 1— siendo estos enchapes artísticos recubrimientos del muro que resguardan la pared desnuda de la aspersion de la lluvia en su fragilidad ante la humedad y la amenaza de los procesos más agresivos de *biodeterioro* ya descritos.

El sistema de aditamentos de las construcciones citadas está formado básicamente por guardas y duelas de madera que guarecen la cara exterior de las paredes; aleros que además de favorecer al peatón con su cobijo también hacen las veces de paraguas de la obra; al interior de dichas construcciones se conformaron techos que en la varianza y repliegue de sus surcos ofrece mayor área efectiva de disipación térmica y de ventilación, haciendo las veces de radiador. Puertas, ventanas y balcones artesanados que portan hendijas y nichos con la finalidad de intercambiar constantemente el aire de la vivienda y evitar condiciones malsanas de vida. Un piso con cimientos de estiércol apisonado —por su porosidad permite una constante ventilación ascendente en el interior del hogar—, que ciertamente da albergue a infinidad de insectos en su interior, pero estos no constituyen una amenaza para la obra pues sobreviven aislados en los colchones de aire del subsuelo, mientras la casa se eleva sobre pilares de madera enclavados sobre piedras, en virtud de la técnica conocida como “vara en tierra” que busca mitigar los efectos de la humedad ascendente del suelo, propios de la capilaridad de los

materiales constructivos. Esta constituye una arquitectura que transpira neutralizando las condiciones necesarias para el crecimiento de microorganismos nocivos y defendiendo el muro desnudo aminorando el contacto directo con el agua. Se constituye una relación simbiótica con lo orgánico, con la madera, el estiércol y los seres vivos que lo habitan. Todos ellos regidos juiciosamente por un concepto matriz de diseño. Ventilación.

Fueron desarrollos que integraron con razonable éxito la fusión de los materiales inorgánicos con la esfera orgánica; la presencia y aspecto característico de ciertas patologías y el estudio de su reproducción darían lugar a un interesante campo de acción en la síntesis de los materiales constructivos.

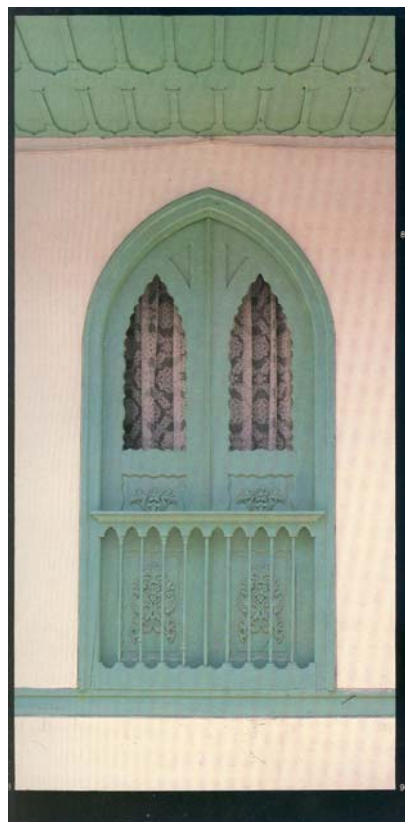


Figura 1. Ventana tradicional con sistema de ventilación



Figura 2. Sistema de aleros tradicionales



Figura 3. Antiguo Palacio Nacional, Pereira.



Figura 4. Estado actual de la edificación.

#### 4. CONCLUSIÓN

Las PHMC demandan el estudio de los factores que determinan el *biodeterioro*; partiendo de una visión holística se debe considerar como factor de deterioro de los materiales para construcción el deterioro psicológico o *psicodeterioro*, es decir el deterioro por lo emergente, lo impactante, lo innovador; con la salvedad de no hacer referencia a la psicología disciplinar si no a las decisiones tomadas por el usuario ante la pérdida de valor de sus objetos.

Este también implica restauración, cambio (así el material del que esta integrado el objeto sea *bioreceptivo*<sup>1</sup>) y alteraciones artificiales que darán cabida a la colonización comercial como lo plantea André Ricard:

«Son de temer las alteraciones artificiales que pueden infligir una *colonización comercial* a ese acompasado equilibrio natural. Una sociedad tecnológicamente mas avanzada puede, en su imperiosa búsqueda de nuevos mercados, imponer a grupos étnicos culturalmente distintos, una tecnología impropia rompiendo ese natural equilibrio entre lo que se sabe y lo que se hace, así, avasallados por estos *trasplantes tecnológicos*, se le asigna a un colectivo un modo de vida que rompe su normal trayectoria evolutiva y la sincronía necesaria entre necesidades y medios.» [4].

Para el caso citado del eje cafetero<sup>2</sup> es claro evidenciar la alteración artificial puesto que los logros tecnológicos están descontextualizados. Estos trasplantes deben ser atendidos con prontitud porque en la actualidad los estudios y las prácticas investigativas relacionadas con la degradación de materiales se ciñen específicamente a analizar patologías, identificar las causas, proponer y aplicar soluciones en los objetos constituidos por estos materiales.

Se tienen grandes avances y nuevos desarrollos tecnológicos que han logrado ampliar el período de

<sup>1</sup> Se debe considerar que no todos los materiales son víctimas de procesos de *biodeterioro* por la colonización de microorganismos, ya que algunos de estos son inofensivos, dichos materiales evidencian una aptitud especial denominada *Bioreceptividad*.

<sup>2</sup> El análisis detallado de la arquitectura del eje cafetero no se puede relacionar en este artículo dada la limitación de espacio. Sin embargo, toda la información se encuentra en los archivos del Centro de Extensión de la Facultad de Artes de la Universidad Católica Popular del Risaralda, Colombia.

biodeterioro de los materiales (aunque no evitarlo) en su microestructura; pero no abstraen los principios funcionales ya ingenieros que surgieron del pensamiento heurístico y de la visión holística de nuestros ancestros.

Se deja entonces vislumbrar un cuestionamiento que sería pretexto para otro estudio, ¿Cuál es la consecuencia social de una arquitectura no sostenible?

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Broto, *Tratado Broto De La Construcción: Patologías de los Materiales*, vol. I. Mexico: Oceano de Mexico, February 2006.
- [2] D. R. Askeland, *Tratado Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Paraninfo: Thomson Learning, 2001, pp 553-571.
- [3] W. F. Smith, *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*, 2° Ed: Ed. Mc Graw-Hill, 1996, pp 220-232.
- [4] A. Ricard, *Tratado La Aventura Creativa: Las Raíces del Diseño*, vol. I. España: Ariel P., 2000, pp 86-95.
- [5] ---, *Léxico Básico de Restauración Arquitectónica*, Barcelona: Servei de Publicacions de la UPC, 1998.