

BIODETERIORO DE CONSTRUCCIONES DE TIERRA Y SU INTERACCIÓN CON AGENTES AMBIENTALES

Guillermo Rolón¹; Andrea Cavicchioli²; Alejandra Fazio³; Gabriella Cilla⁴; Mariana Romiti⁵

¹ CONICET / CRIATIC, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, guillerolon02@gmail.com

² EACH - Escola de Artes, Ciências e Humanidades-USP, São Paulo, Brasil, andrecav@usp.br

³ fazio.alejandra@gmail.com

⁴ Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, cillagabriela@gmail.com

⁵ Programa Manejo de Recursos Culturales – Administración de Parques Nacionales, mromiti@apn.gov.ar

Palabras clave: Abejas, líquenes, ecorregión de Monte, ecorregión de Mata Atlántica

Resumen

En general, los edificios son construidos con la intención de persistir por largos períodos. Sin embargo, el ataque de organismos (biodeterioro), junto con las modificaciones químicas y físicas infligidas por los agentes ambientales (deterioro abiótico), son capaces de provocar importantes devaluaciones de las construcciones expuestas a la intemperie. En este contexto, los materiales y construcciones de tierra pueden resultar particularmente lábiles frente a la interacción de estos procesos. El objetivo del presente trabajo consiste en describir los biodeterioros y sus interacciones con los agentes ambientales (de eco-regiones radicalmente distintas) en los procesos de deterioro estudiados y/o registrados hasta el momento en diversas construcciones con tierra de Argentina (en la eco-región de Monte) y Brasil (en la eco-región de Mata Atlántica). A pesar de las particularidades de cada caso de estudio, y en función de las descripciones realizadas hasta el momento en cada uno, el procedimiento general realizado consistió en el registro gráfico, fotográfico y el levantamiento planimétrico parcial de las estructuras estudiadas y en la referenciación de los daños observados. En algunos casos se han tomado y analizado muestras de material constructivo, y/o trazas de insectos (nidos de abejas o partes de ellos); también se han colectado y caracterizado –por primera vez en este tipo de sustrato – líquenes (crustosos y foliosos) como agentes biológicos deteriorantes. Los muros exteriores y/o expuestos a la intemperie son los elementos constructivos más afectados, siendo las abejas y líquenes, y en menor medida, plantas y la acción humana los agentes biodeteriorantes involucrados. En ambas regiones, los daños más graves producidos son por causa de la nidificación de abejas distinguiéndose varias especies involucradas y distintos patrones de biodeterioro; la presencia de líquenes corresponde al primer registro que se tiene y fue en hallado inicialmente en estructuras con tierra de Brasil.

1 INTRODUCCIÓN

El biodeterioro consiste en un proceso de degradación de un material por acción directa o indirecta de un organismo. Los deterioros que los organismos involucrados desencadenan pueden ser de orden físico-mecánico, químicos o resultado de la combinación de ambos. Las particularidades que adoptan los procesos de biodeterioro dependen en gran medida del organismo implicado específicamente; sin embargo, en el caso de las construcciones con tierra, las características del sustrato no dejan de jugar un papel central. El ataque animal proviene principalmente por la necesidad de nidificar o la extracción de material por parte de roedores y aves. La excavación, en el primer caso, o la eliminación de elementos de cohesión —como ser fibras vegetales—, en el segundo, son parte de los actividades que estos animales provocan sobre las estructuras de tierra. De la misma manera la acción de diversos insectos puede ser intensa en estos mismos aspectos. En determinadas regiones, y en partes de nuestro territorio en particular, distintas especies de abejas solitarias son responsables de fuertes procesos de biodeterioro a través del intensivo proceso de minería que provocan al excavar sus túneles y celdillas y que en muchos casos colaboran en la

aceleración de los deterioros físicos. Por otra parte, el biodeterioro no ocurre en forma aislada, sino que se desarrolla en sinergia con agentes ambientales complejizado de este modo los procesos y favoreciendo el aumento de la tasa de degradación general (Rolón, Cilla, 2012). La diversidad de agentes biológicos que tienen potencial capacidad de generar deterioros es amplia; entre ellos se pueden encontrar bacterias, hongos, líquenes, insectos, roedores, pájaros, mamíferos e incluso el hombre. Por esta razón, el análisis de los procesos de biodeterioro de la cultura material tiene un amplio campo de estudio. Sin embargo, en lo que atañe específicamente a la arquitectura en tierra, las investigaciones resultan bastante acotadas, notándose que el interés está depositado principalmente para la conservación de sitios arqueológicos (Pozzi-Escot, 2014). La presencia de hongos en eco-regiones húmedas, por ejemplo, ha comenzado a ser objeto de estudio, tanto por la potencial diversidad de especies que pueden presentarse simultáneamente como por su proliferación (Fazio et al, 2015), o incluso como indicador de riesgo para la salud (Morales Gamarra, 2007, 2014). Al igual que los procesos de deterioro, los biodeterioros se presentan en una forma tan diversa que condujo a su estudio y clasificación para poder determinar las patologías que producen y los factores que inciden. Esto se ha visto reflejado en numerosas publicaciones muchas de las cuales fueron comentadas y discutidas en trabajo de recopilación realizado por el *Getty Conservation Institute* (Avrami, Guillaud, Hardy, 2008). En este sentido, Van Balen (1990) propuso una metodología de análisis que permitía orientar la toma de decisiones vinculadas a las acciones de conservación y restauración de las arquitecturas en tierra. Fodde (2006), con similares objetivos, proponen un sistema de codificaciones posibles de emplearse en el registro de los tipos de deterioro y patologías como herramienta para las tareas de conservación y restauración, entre las cuales pueden citarse técnicas de fotogrametría digital (Fujii et al, 2009).

Eco-regiones de estudio

Los estudios sobre biodeterioro que se tienen en curso, o ya se han realizado, corresponden a dos contextos ambientales distintos. El primero de ellos se sitúa en ambientes áridos de Argentina, ubicados en las dos eco-regiones de Monte: la de Sierras y bolsones y la de Llanuras y mesetas. La principal diferencia entre ellas es que la segunda discurre en una región donde prevalecen los paisajes de llanuras y extensas mesetas escalonadas y los relieves abruptos son menos frecuentes que en la primera; asimismo la vegetación es más pobre en comunidades y especies (OBIO, 2012). De acuerdo al tipo de vegetación y fisionomía predominante (Roig-Juñent *et al.*, 2001, OBIO, 2012), el Monte es un bioma xérico y de estepa arbustiva alta (de 1 a 3 m de altura). Sus elementos más representativos pertenecen a la familia Zygophyllaceae, siendo las especies más importantes por su dominancia *Larrea spp.* y *Bulnesia retama* (Michelette, Camargo, 2000). El clima es de tipo subtropical, cálido-templado con una temperatura media anual de 15°C y un rango de precipitaciones de 80 a 200 mm. La temporada de lluvias se distribuyen principalmente en verano para el sector Norte de la eco-región de Sierras y bolsones, en invierno para el sector Sur de Llanuras y mesetas. Para el resto de ambas regiones, las precipitaciones se distribuyen a lo largo del año (OBIO, 2012).

El segundo caso de estudio está localizado en el interior de la megalópolis de São Paulo, una ciudad inserta en el contexto eco-regional de Mata Atlântica brasileña y, en particular, en la provincia geomorfológica de la meseta Atlántica (aproximadamente 700 m de altitud) en correspondencia con el trópico de Capricornio (Dislich, 2002). La región está caracterizada por un clima subtropical húmedo, con veranos calientes y lluviosos e inviernos más secos y temperaturas moderadas, con una media anual entre 18°C y 19°C (AB'Saber, 1970). Típicamente, las precipitaciones se ubican en el intervalo de 30 mm/mes (invierno) a 240 mm/mes (verano).

Actualmente, toda la región se encuentra en un profundo estado de modificación por el elevado grado de antropización. Si bien, la formación vegetal original no puede ser establecida con precisión, los autores acreditan que en esa zona predominó un paisaje de bosque ombrófilo denso, con ocurrencia de bosque estacional semideciduo, Cerrado y llanuras de inundación (Ab'Saber, 1970; Dislich, 2002).

Por otra parte, *Capela do Morumbi* (el caso de estudio en esta región) está situada en un área particularmente rica en vegetación arbórea, lo cual genera un microclima ligeramente más frío y húmedo) en torno al edificio histórico. A su vez, la incidencia del asoleamiento directo está obstaculizada en gran medida por las ramas de los árboles circundantes.

2 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo consiste en caracterizar los procesos de biodeterioro de los casos estudiados (de Argentina en las eco-regiones de Monte y de Brasil en la eco-región de Mata Atlântica), las interacciones con el medioambiente, y las diferencias y similitudes que se observan entre ambos contextos.

3 CASOS DE ESTUDIO

3.1 Ruinas de Capayán (La Rioja, Argentina)

Ruinas de Capayán constituye un asentamiento del período colonial (De la Vega Díaz, 1994) que se desarrolló en torno a dos actividades específicas (Figura 1a): agropecuaria y metalúrgica. La presencia de numerosos restos edilicios y rastros de modificaciones del territorio dan cuenta de estas actividades referidas: sectores descampados con evidencias que hacen suponer actividades de cultivo, montículos de tierra artificial formando los muros de contención de represas, canales de acequias, edificaciones con características de depósitos, dos sectores con hornos de fundición de metales y grandes acumulaciones de desechos de esta actividad y las construcciones correspondientes a vivienda y capilla. Los muros de las construcciones indicadas están en su totalidad resueltas con alguna de las siguientes técnicas constructivas: mamposterías de adobe o tapia. Hasta la actualidad, este sitio carece de protección alguna.

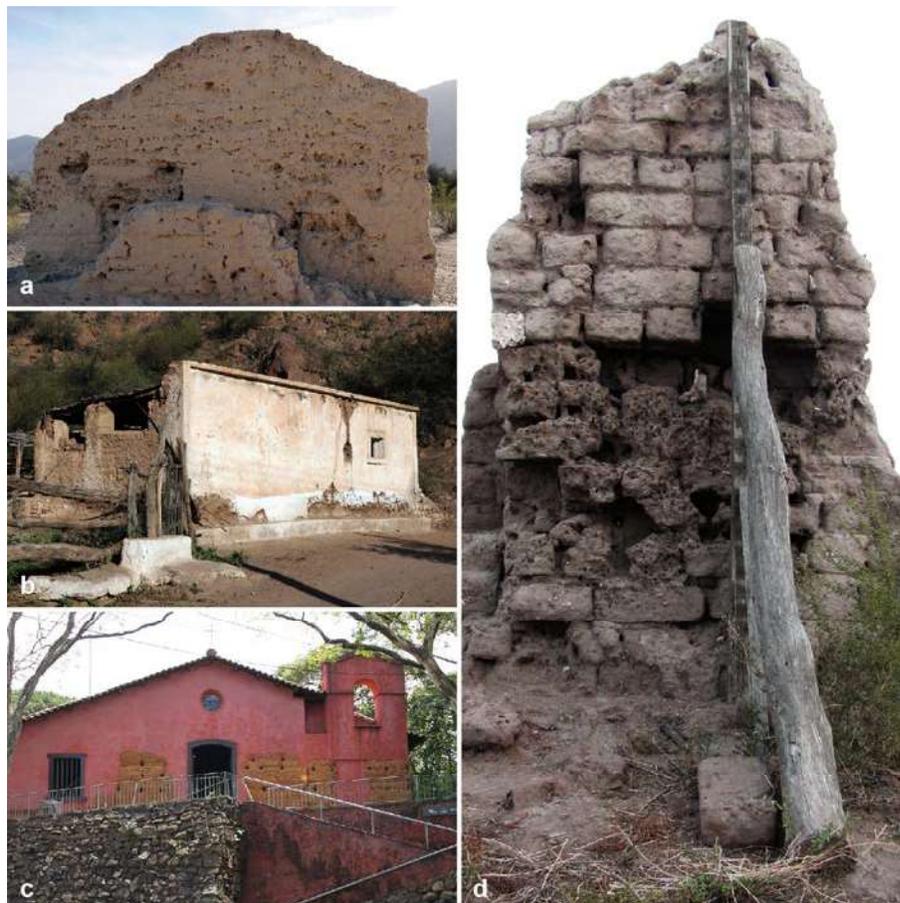


Figura 1. Casos de estudio: a) Ruinas de Capayán, b) Vivienda rural, c) Capela do Morumbi, d) La Casona

3.2 Viviendas rurales (La Rioja, Argentina)

Las viviendas rurales en la región de valles de La Rioja que fueron abordadas corresponden a construcciones de fines del siglo XIX y principios del siglo XX. Los casos de estudio específicos fueron viviendas de pequeños productores agropecuarios que en la actualidad se encuentran en estado de abandono. En general, estas viviendas están construidas con muros de mampostería de adobe y, en algunos sectores, de quinchas. Los techos presentan una estructura de vigas de madera y cubierta de torta pesada o liviana¹ (Figura 1b).

3.3 Capela do Morumbi (São Paulo, Brasil)

Capela do Morumbi es una capilla histórica (de principios de siglo XIX) localizada en el área urbana de la megaciudad de São Paulo, Brasil (Figura 1c). La capilla y la Casa Sede son las dos construcciones que formaron parte de una gran estancia (*Fazenda Morumbi*). Ambos edificios están actualmente protegidos por el Departamento de Patrimonio Histórico (CONPRESP, resolución 11/2005). Los muros originales de la Capela están realizados en la técnica de tapial que contiene una importante fracción gruesa (grava) por lo que recibe la denominación local de *taipa de formigão*. Esta construcción fue redescubierta en los años 50 del siglo XX y reconstruida utilizando materiales industrializados para diferenciar el original de la reconstrucción. Los muros originales se conservaron y, como parte de la estrategia de conservación del momento, se dejaron visibles a los visitantes. Por lo tanto, hoy en día, están expuestos a la acción de factores ambientales en la que se observan diferentes procesos de deterioro y biodeterioro.

3.4 La Casona (Lihué Calel, La Pampa, Argentina)

La Casona fue una vivienda localizada en el Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa de lo que hoy se conservan sus muros en ruina. Fue ocupada entre 1943 y 1965, y habría estado compuesta por unos 14 ambientes (habitaciones, cocina, despensa, caballería y capilla, entre otros) junto con un patio interno; siendo su superficie de 960m² aproximadamente.

Los materiales con los que se resolvió la estructura son tierra y piedra del lugar. Las cubiertas fueron de chapa acanalada y los revoques habrían sido a base de cemento y tuvo dinteles de madera de caldén. Algunos de los ambientes presentan tanto subdivisiones internas - con paredes más angostas - como también pequeños hogares localizados siempre en algún vértice. Es el último caso de estudio incorporado y por lo tanto en proceso de análisis. Para este caso se presentan los primeros datos obtenidos y los biodeterioros observados.

4 METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La metodología aplicada ha diferido en cada caso de estudio en función de la experiencia adquirida y de las condiciones y recursos específicos en cada instancia. El procedimiento para el registro gráfico y fotográfico de los muros exteriores, con el fin de obtener planimetrías de trabajo, fue la única acción que se ha mantenido similar y aplicado de manera sistematizada. Este registro permitió elaborar un mapa de las áreas biodeterioradas en los casos avanzados (Figura 2). El estudio se centró hasta, el momento, en la determinación taxonómica de dos agentes biodeteriorantes en particular: abejas y líquenes, cuyos especímenes fueron colectados en los diferentes sitios de estudio. Sin embargo, se identificaron otros agentes biológicos también causantes de biodeterioro. En el caso de las abejas, se inspeccionaron visualmente muros y otros elementos constructivos en busca de signos de nidificación: orificios de entrada a los nidos y/o cavidades utilizadas, nidos o partes de ellos (celdillas) en superficie y/o expuestos por deterioro de los muros. Cuando fue

¹ Estos tipos de cubiertas, con muy poca pendiente, están formados por capas inferiores de material vegetal (hojas y/o ramas) cumpliendo funciones sucesivas (estructural, aislante térmico, capa de contención del barro de la torta) y culminada en la parte superior por una torta de barro

posible, se determinó el patrón de nidificación y la orientación de los nidos *in situ*. Para su asignación a un taxón de abeja, se capturaron y determinaron los adultos que ingresaban a los nidos y/o no emergidos en su interior. En los casos en que se contó con nidos abandonados, se analizó la arquitectura y los materiales utilizados para su construcción. Por último, se tomaron muestras de los distintos elementos constructivos para el estudio de los posibles daños causados por nidificación de abejas.

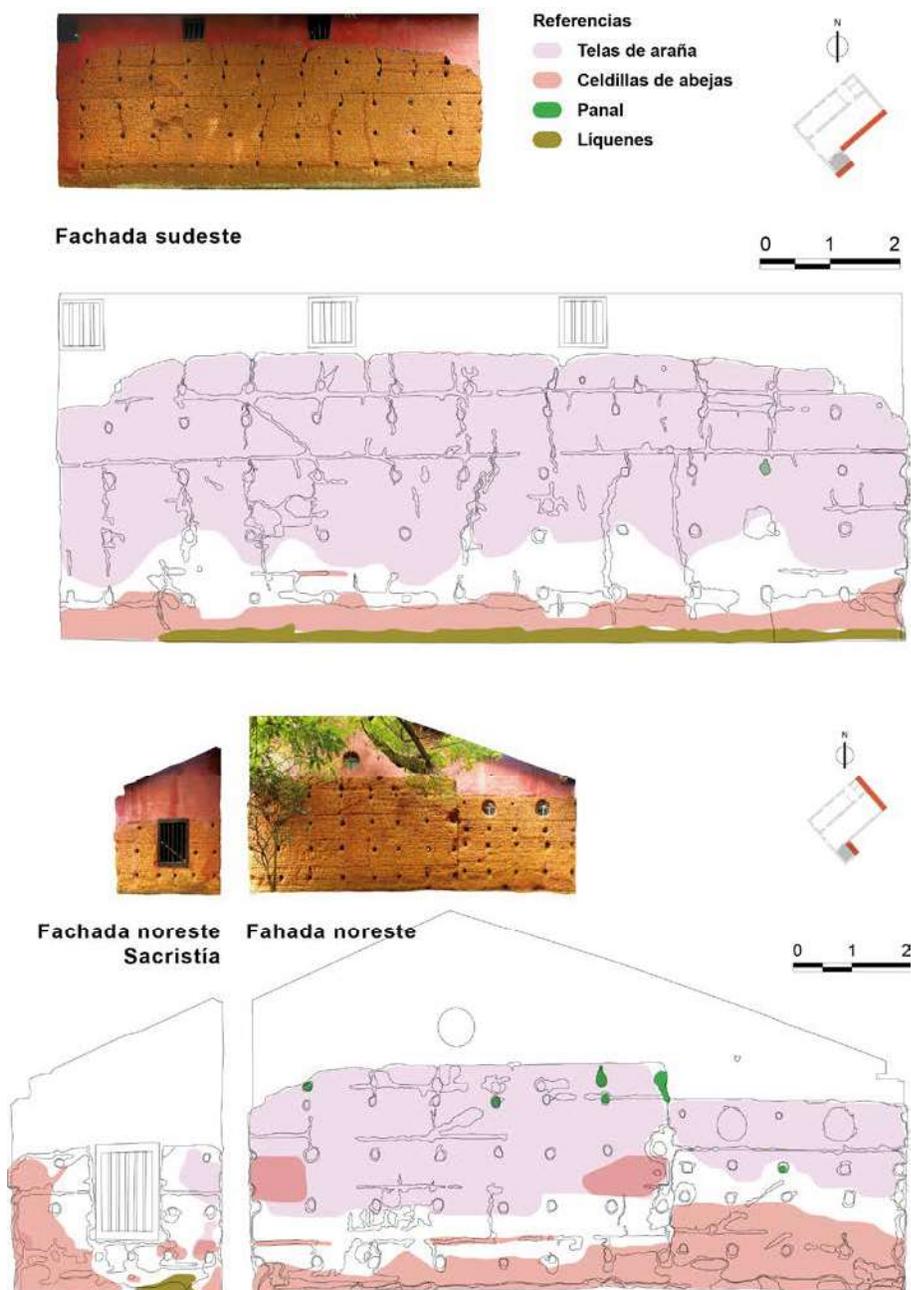


Figura 2. Registro de biodeterioros en las fachadas de *Capela do Morumbi*.

4.1 Líquenes

La presencia de líquenes fue observada principalmente en el caso de *Capela do Morumbi* y en menor medida en La Casona. Los especímenes identificados en el primer caso presentan dos patrones de colonización: uno de ellos corresponde al crecimiento de los talos liquénicos ocupando amplias áreas de sustrato; el otro patrón consisten de pequeñas áreas localizadas. En ambos casos ocupan los sectores bajos y húmedos (inferido por el color del material de la pared) de los muros de las fachadas noroeste y sureste de la nave de la capilla y, en menor grado, en la fachada sudoeste de la sacristía. Las áreas colonizadas por

líquenes reciben luz solar directa en algunos momentos del día, sin embargo se mantienen bajo sombra de la vegetación arbórea circundante durante gran parte del tiempo, lo que garantiza el mantenimiento de las condiciones de humedad. Las colonias de líquenes están compuestas de *Chysothrix candelaris* y *Peltigera* sp. El último fue el que se observó formando una amplia distribución en el sustrato. (Figura 3a y b). En el caso de La Casona, en La Pampa, también se observó la presencia de líquenes (Figura 3c) creciendo en las fachadas de las paredes suroeste, identificándose en este caso una especie crustosa con apotecios color café perteneciente al género *Lecanora* sp. En este caso, los líquenes fueron identificados de acuerdo a la literatura (Barreno, Pérez-Ortega, 2003; Scutari, 1992).



Figura 3. Líquenes: a y b) *Peltigera* sp. en *Capela do Morumbi*, c) La Casona, *Lecanora* sp. Fuente: Elaboración propia.

4.2 Abejas

Nidos de distintas especies de abejas silvestres fueron observados en muros y otros elementos constructivos en edificaciones en tierra ubicadas en los distintos sitios de estudio. Adultos de abejas no emergidos permitieron asignar a *Centris muralis* (Apidae) los nidos presentes en los muros de las ruinas Capayán. Los nidos de *Centris* se caracterizaron por presentar una a dos celdillas en serie, con disposición vertical a inclinada. La cavidad de las celdillas presentó un recubrimiento del mismo material del muro. Esta pared construida por la abeja luego de la excavación de la celda, presentaba mayor dureza que el adobe. El patrón de distribución de las celdillas y nidos era agrupado (Figura 4a). En muros con una elevada densidad de nidos se observó la remoción de importantes cantidades de material. Las celdillas vacías eran reocupadas por abejas de la misma especie o por *Epanthidium* aff. *sanguineum* (Megachilidae). Estas abejas nidifican en cavidades preexistentes y elaboran las celdillas con fibras vegetales embebidas en resinas y un fino recubrimiento exterior de barro.

En muros de viviendas rurales de Udpinango y urbanas de Villa Castelli se observaron adultos de *Centris murales* en plena actividad de nidificación. El patrón de nidificación, las características morfológicas y la resolución constructiva de las celdillas, coincidieron con los nidos encontrados en Capayán y viviendas urbanas de Pituil y Anillaco. Un segundo patrón fue observado en las viviendas de Udpinango. Este patrón de nidificación es típico de las especies de *Colletes* (Colletidae) y se caracteriza por la presencia de grandes agregaciones de celdillas concentradas en vanos de puertas y ventanas (Figura 4b). Sin vestigios de pared construida, la cavidad de las celdillas se encontraba tapizada por una película fina y transparente a modo de celofán, rasgo constructivo característico de estas abejas. Este mismo patrón de nidificación, con similar resolución constructiva de las celdillas fue observado en viviendas de Pituil y Antinaco.

Para el caso de *Capela do Morumbi*, se observaron dos patrones de nidificación en la superficie de los muros. Las características morfológicas y la resolución constructiva de las celdillas permitieron suponer la presencia de abejas del género *Centris* (Apidae) (Figura 4c) y *Colletes* (Colletidae) (Figura 4d). Durante la búsqueda de patologías en las paredes no se observó actividad de nidificación por parte de las especies antes mencionadas. Sin embargo, celdillas vacantes atribuidas a abejas *Centris*, eran reutilizadas por abejas del género *Anthodiocetes* (Megachilidae). Estas abejas nidifican en cavidades preexistentes y elaboran las celdillas con resinas (Alves dos Santos, 2004). En todos los casos observados, los nidos se distribuyen en el tercio inferior de las paredes, salvo en el sector colonizado por líquenes, donde no se registraron evidencias de actividad de nidificación. En los mechinales

superiores de las tapias se observaron nidos formados por celdillas agrupadas en panales. Este tipo de nidos son construidos por especies sociales cuya morfología y materiales utilizados, mezcla de cera y resinas, permitieron atribuirlos a abejas Meliponini (Apidae). De difícil acceso, los nidos se localizaban principalmente en los mechinales de la fachada noreste, implicando una adición significativa de material que altera la apariencia original de la pared (Figura 4e).

Para La casona, celdillas examinadas con abejas adultas no emergidas en su interior, permitieron señalar a *Centris muralis* (Apidae) como uno de los principales agentes deteriorantes (Figura 4f).

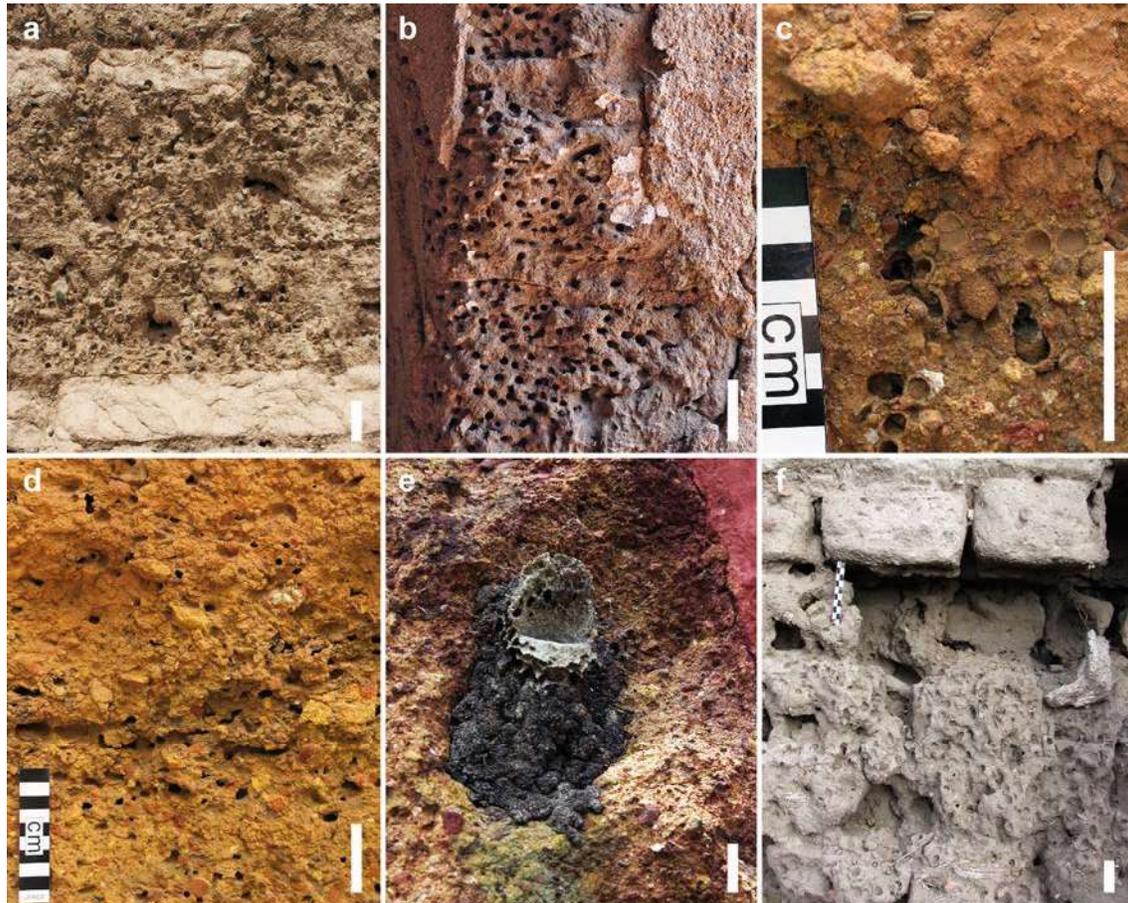


Figura 4. Patrones de nidificación: a) *Centris muralis* (Ruinas de Capayán), b) *Colletes* sp. (Viviendas rurales), c) *Centris* sp. (Capela do Morumbi), d) *Colletes* sp. (Capela do Morumbi), e) Meliponini (Capela do Morumbi), f) *Centris muralis* (La Casona). Barra: 5 cm. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Otros organismos

Además de estos dos agentes biológicos señalados, se identificaron otros organismos produciendo biodeterioros con distintos grados de intensidad de los cuales sólo se realiza su mención.

Para el caso de Capela do Morumbi, está presente la incidencia de ramas de árboles sobre la superficie exterior de los muros debido a la gran forestación circundante. Este es el único biodeterioro controlado periódicamente mediante la remoción de las ramas. Asimismo se observó la colonización por arañas de la parte superior de los muros. Las telas que producen retienen insectos muertos y hojas produciendo pequeños micro ambientes en cada una de ellas.

Para el caso de La Casona se observaron rastros de presencia de roedores en el sector inferior de las paredes. Las perforaciones que realizan en los muros para alojarse o bien para circular producen una importante alteración del sustrato. Se observó la presencia de celdillas de insectos aún sin determinar, preferentemente ubicadas en la cabecera de los

muros como también varias superficies de muros (en su cara orientada al Sur) colonizadas por musgos.

5 DISCUSIÓN

Fue posible observar que, al colonizar las construcciones con tierra (tapias y mamposterías de adobe), los agentes biológicos participan en uno o más de los siguientes procesos: hábitat y/o nidificación, depredación de otros organismos y recubrimiento de superficies del muro. Los organismos responsables de estos procesos, cuyo ciclo vital prospera normalmente en contextos naturales, encuentran en ambientes antropizados iguales o mejores condiciones para su desarrollo, razón que explica su presencia en las construcciones con tierra. Una vez desencadenado el proceso de biodeterioro, es posible señalar dos factores principales que inciden en la distribución espacial de los agentes biológicos y, por ello, del biodeterioro sobre las construcciones con tierra estudiadas: los factores ambientales (luz solar, temperatura, forestación, viento y humedad) y la presencia / incidencia de otros agentes biológicos. Un tercer factor es la característica del sustrato, es decir, condiciones de los materiales de las construcciones que favorecen o posibilitan el proceso de ocupación/nidificación. El caso más evidente lo constituye la actividad de nidificación de las abejas silvestres observada en los casos estudiados. Los procesos de biodeterioro por nidificación son complejos, no sólo por el daño progresivo que conlleva en sí misma esta actividad (Rolón, Cilla, 2010), si no también por el uso simultáneo del mismo sustrato por diferentes especies de abejas con patrones de nidificación/biodeterioro específicos (como en los casos de Ruinas de Capayán y *Capela do Morumbi*). La excavación del sustrato por parte del insecto es el daño primario y más grave (como el caso de nidificación de *Centris* y *Colletes*), y la construcción de las paredes de la celdilla (como en el caso de *Centris*) o su reocupación (celdillas de *Epanthidium* y *Anthodioctes*) el deterioro secundario. Por otra parte, el sector cubierto por celdillas presenta un aumento en la irregularidad de la superficie de la pared, el debilitamiento en la cohesión de los elementos constructivos y el incremento de la superficie expuesta a la intemperie, favoreciendo la interacción perjudicial con los factores ambientales (viento y la lluvia) al elevar la tasa de degradación de los mismos. Una situación diferente es el depósito de material para la elaboración de nidos, como sucede en el caso de las abejas Meliponini que, con un impacto mucho menor, modifica la apariencia de la estructura sobre la que se asienta.

En cuanto a los líquenes, éstos son organismos poiquilohídricos, es decir que pueden sobrevivir en condiciones de variaciones importantes del contenido de agua, lo cual les permite vivir en ambientes extremos (Hawksworth, Hill, 1984). Los líquenes producen ataque químico del sustrato, por generación de ácido carbónico, excreción de ácido oxálico, y producción de compuestos quelantes. El dióxido de carbono se disuelve en la humedad que queda en el talo y forma ácido carbónico, el cual reacciona con minerales y depleta cationes básicos (Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} , Na^+) y sílica. El ácido oxálico es producido por el micobionte y la producción aumenta con la edad del líquen. El ácido oxálico causa una erosión del sustrato, provocando picaduras (pequeños agujeros), debajo del talo, y deposiciones de oxalato. Existe una relación entre el tipo de oxalato insoluble que se acumula en el talo, y la composición mineral y el estado de hidratación del sustrato (Caneva *et al.*, 1991). Los líquenes producen también ácidos orgánicos, (en el caso particular de *Lecanora*, por ej: ác. caperático, protoconstipático, constipático, protoliquesterínico, liquesterínico), los cuales pueden actuar como agentes complejantes de metales (Thorsten Lumbsch, Guderley, Elix, 1996). En sustratos más porosos, el crecimiento de líquenes puede brindar un efecto de protección, reduciendo los efectos de desprendimiento del sustrato por efecto de la lluvia, el viento y las condiciones atmosféricas.

Los líquenes crustosos, como las especies del género *Lecanora* sp., se adhieren como costras a lo largo de toda la superficie del talo mediante hifas que penetra el sustrato provocando un ataque físico, con lo cual, el crecimiento desordenado de este tipo de líquenes puede llevar a una lenta desestructuración del sustrato atacado. Por otro lado,

sumado a la penetración de las hifas, por movimientos de expansión y contracción del talo debido a variaciones de humedad y sequedad del sustrato, los talos, producen desprendimientos por acción mecánica del sustrato, que son incorporados al talo donde son corroídos (Jones, Wilson, 1985). Las especies del género *Lecanora* encuentran su mayor diversidad en Sudamérica, crecen generalmente en material silíceo y en sustratos con aberturas (*open situations*), en madera, tierra y en los márgenes de la selva tropical (Thorsten Lumbsch, Guderley, Elix, 1996). García y Rosato (2011) y Rosato y Garcia (2014) reportaron especies del género *Lecanora* creciendo en monumentos, uno construido con mampostería de ladrillos y morteros cálcicos, y otros sobre hormigón, morteros de cemento y revoques de estructuras en áreas urbanas y rurales de varias localidades de la provincia de Buenos Aires.

En el caso de los líquenes, *Chrysothrix candelaris* crece principalmente en la corteza de árboles y muestra preferencia por las superficies en sombra. Por lo tanto, es probable que su aparición en los muros de la *Capela do Morumbi* esté asociado directamente con la presencia de vegetación arbórea. Por un lado esta presencia constituye una fuente permanente de emisión de esporas desde los troncos ya colonizados, y por otro, al favorecer la incidencia de luz limitada sobre los muros de la construcción genera condiciones óptimas de desarrollo. Por otro lado, la dirección de incidencia del viento favorece a que ciertas áreas de las paredes sean las más adecuadas para la colonización.

Por otra parte, se cree que las extensas colonias de *Peltigera* sp. causan dos efectos contrarios simultáneos: deterioro y la protección del sustrato frente a otros agentes ambientales y biológicos al mismo tiempo. El deterioro es debido a los procesos físicos y químicos de la actividad de líquen: los efectos químicos resultan de la producción de ácidos (mayormente ácido oxálico) que promueven la disolución de los minerales presentes en el sustrato y, eventualmente, la formación de cristales de oxalatos. Las sales crean incrustaciones débiles en la interfaz entre el talo líquénico y el sustrato, que conducen a la pulverización de la superficie de la pared. Este último efecto se observó en algunos sectores de los muros de la *Capela do Morumbi*. El efecto protector es debido a que el líquen proporciona un recubrimiento a la pared, como ya se mencionó. Este recubrimiento impide la actividad de anidación de la abeja y, al mismo tiempo, protege el sustrato de los efectos de deterioro mecánico del viento y la lluvia.

6 CONSIDERACIONES FINALES

A partir de los resultados alcanzados para cada uno de los casos de estudio, es posible señalar que las construcciones con tierra brindan un adecuado sustrato para la nidificación de abejas silvestres. En ambientes húmedos se observó un mayor número de especies involucradas, posiblemente asociado a la mayor riqueza de estos organismos y, además, a la actividad característica de minería se sumó la acción de depósito de material. Sin embargo, las mayores tasas de degradación por nidificación fueron observadas para los casos de estudio ubicados en ambientes áridos (eco-regiones de Monte). Posiblemente una combinación de factores favorecieron el incremento de la tasa de degradación en estos últimos: las características propias del sustrato (es decir, de las características de la tierra empleada para construir los muros)², la proliferación de las abejas involucradas y la intensidad con la que inciden los agentes atmosféricos, fundamentalmente la fuerza de las lluvias y la falta de una forestación circundante que amortigüe su acción mecánica por impacto.

Del mismo modo, se observa mayor diversidad y magnitud de colonización de líquenes en el caso de *Capela do Morumbi* (eco-región húmeda) que en el caso de La Casona (eco-región árida). La distribución de los mismos en la parte inferior de los muros, fundamentalmente para el caso de *Peltigera* sp., permite asociar la mayor disponibilidad de agua proveniente

² En referencia a este aspecto, aún está pendiente realizar el análisis de material para los casos de *Capela do Morumbi* y de La Casona, lo cual redundará en un mejor diagnóstico de la situación.

tanto del ambiente como por ascenso capilar desde el interior del muro como una de las posibles razones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. (1970). O mosaico primário de matas e cerrados do planalto paulistano. *Cadernos de Ciências da Terra*, v. 6, 24-26.
- Alves dos Santos, I. (2004) Biología de nidificación de *Anthodioctes megachiloides* Holmberg (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia* 21 (4): 739–744.
- Avrami, E.; Guillaud, H.; Hardy, M. (2008). *Terra literature review. An overview of research in earthen architecture conservation*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute.
- Barreno, E.; Pérez-Ortega, S. (2003). Clave para la identificación de los géneros. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del territorio e infraestructuras del Principado de Asturias. KRK Ediciones.
- De La Vega Díaz, D. (1994). *Toponimia riojana*. La Rioja, Argentina: Ed. Canguro.
- Dislich, R. (2002). Análise da vegetação arbórea e conservação na reserva florestal da Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira”, São Paulo, SP. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo – IB/USP. São Paulo, São Paulo.
- Fazio, T. A.; Cavicchioli, A.; Penna, D. S. A.; Chambergo, F.; de Faria, D. L. A. (2015). Towards a better comprehension of biodeterioration in earthen architecture: Study of fungi colonisation on historic wall surfaces in Brazil. *Journal of Cultural Heritage*, 16: 934-938.
- Fodde, E. (2006). Analytical methods for the conservation of the buddhist temple II of Krasnaya Rechka, Kyrgyzstan. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 8 (3): 136-153.
- Fujii, Y.; Fodde, E.; Watanabe, K.; Murakami, K. (2009). Digital photogrammetry for the documentation of structural damage in earthen archaeological sites: The case of Ajina Tepa, Tajikistan. *Engineering Geology*, 105 (1-2): 124-133.
- García, R.; Rosato, V. G. (2011). Organismos hallados en muros de mampostería de ladrillos. 2º Congreso Iberoamericano y X Jornadas Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. Disponible en: http://lemac.frip.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/2011_Organismos-Hallados-en-Mamposteria-de-Ladrillos_2%C2%BACOBRECOPA.pdf
- Hawksworth, D. I.; Hill, D. J. (1984). *The lichen forming fungi*. Glasgow and London: Blackie.
- Jones, D.; Wilson, M. J. (1985). Chemical activity of lichens on mineral surfaces. A review. *International Biodeterioration Bulletin*, 21 (2): 99-104.
- Michelette, E. R. F.; Camargo, J. M. F. (2000) Bee-plant community in a xeric ecosystem in Argentina. *Revista Brasileira de Zoologia* 17 (3), 651–665. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v17n3/v17n3a11.pdf>
- Morales Gamarra, R. (2007). *Arquitectura prehispánica de tierra: conservación y uso social en las Huacas de Moche*, Perú. *Apuntes* 20 (2): 256-277.
- Morales Gamarra, R. (2014). *Arqueoconservación de superficies arquitectónicas de tierra: deslindes teóricos, metodología y resultados*. En: Denise Pozzi-Escot (comp.): *PACHACAMAC: Conservación en arquitectura de tierra*. Proyecto QhapaqÑan, Ministerio de Cultura, Lima.
- OBIO (2012). *Observatorio Nacional de Biodiversidad*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Disponible en <http://obio.ambiente.gob.ar/>. Acceso en 1/7/2016.
- Pozzi-Escot, D. (2014) *Pachacamac: Conservación en arquitectura de tierra*. Proyecto QhapaqÑan, Ministerio de Cultura, Lima.
- Roig-Juñent, S.; Flores, G.; Claver, S.; Debandi, G.; Marvaldi, A. (2001). Monte Desert (Argentina): insect biodiversity and natural areas. *Journal of Arid Environments*, 47:77-94.
- Rolón, G, Cilla G (2012) Adobe wall biodeterioration by the *Centris muralis* Burmeister bee (Insecta: Hymenoptera: Apidae) In a valuable colonial site, the Capayán ruins (La Rioja, Argentina). *International Biodeterioration & Biodegradation* 66, 33–38.

Rosato, V. G.; García, R.A. (2014). Clave de líquenes creciendo sobre cemento y hormigón en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Glialia* 6 (1): 1–14.

Scutari, N. C. (1992), Estudios sobre *Pyxinaceae foliosas* (Lecanorales, Ascomycotina) de la Argentina IV: Clave de los géneros y las especies de la Provincia de Buenos Aires. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 28 (1-2): 169-173.

Thorsten Lumbsch, H.; Guderley, R.; Elix J.A. (1996). Revision of some species in *Lecanora* sensu stricto with a dark hypotheceum (Lecanorales, Ascomycotina). *The Bryologist*, 99 (3): 269-291.

Van Balen, K. (1990). Méthodologie de la conservation et de la restauration des monuments en terre. En: Grimstad, K. (Ed.) 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture: Adobe 90 Reprints. 182-187. Las Cruces, New Mexico, Estados Unidos. The Getty Conservation Institute.

AUTORES

Guillermo Rolón, doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, maestro en restauración y gestión integral del patrimonio construido, arquitecto, investigador Adscrito del CRIATiC e investigador Adjunto del CONICET; miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. CV completo en <http://lattes.cnpq.br/7173672607554572>.

Andrea Cavicchioli, doctor por la Universidad de São Paulo con especialidad en química analítica, es docente y investigador de la misma institución. Su principal línea de investigación es el estudio de estrategias de diagnóstico e conservación del patrimonio cultural y natural. CV completo en <http://lattes.cnpq.br/2583862022834436>.

Alejandra Fazio, doctora en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires, su línea de investigación es en micología y liquenología. Realizó un posdoctorado en la Universidad de San Pablo con beca FAPESP titulada: "Efeitos químicos da biodegradação de substratos minerais de bens culturais, Pinturas rupestres e edificações" entre 1/08/2012 – 31/07/2015.

Gabriela Cilla, doctora en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires, becaria postdoctoral en el marco de proyectos D-TEC (MinCyT) y docente de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Su principal línea de investigación es el estudio de la biología de abejas silvestres con especial interés en nidificación, forrajeo y uso de los recursos polínicos.

Mariana Romiti, licenciada por la Universidad de Buenos Aires en Ciencias Antropológicas con orientación en arqueología. Agente de conservación del Programa "Manejo de Recursos Culturales" de la Dirección Nacional de Conservación de Áreas Protegidas de la Administración de Parques Nacionales.