

5. BIODETERIORO DE MATERIALES POROSOS INORGÁNICOS

Marcela Cedrola y A. Elena Charola

1. Introducción a la biocolonización

El agua es necesaria para todos los organismos vivos. Esto implica que, si un material está frecuentemente húmedo, es muy probable que sea colonizado por estos organismos. La biocolonización de materiales porosos inorgánicos resulta de una secuencia de etapas. Es bien sabido que una superficie húmeda se ensucia más rápido que una seca. Esto se debe a que la superficie húmeda, ya sea por lluvia, rocío o condensación superficial, actúa como una fuente captadora de partículas de polvo, de gases de polución atmosférica y de polen, esporas y bacterias presentes en el aire. De esta manera, se forma una capa “fértil” que facilita el desarrollo de microorganismos, comúnmente llamado “biofilm”. La consecuencia de la formación de un biofilm es que la superficie tiende a retener más humedad por más tiempo, facilitando un mayor depósito de polvo y otras sustancias, así como el desarrollo de microorganismos tales como las bacterias, algas y hongos (Figura 1).

Una vez establecidos éstos, se pueden desarrollar los líquenes (Figura 2), que son asociaciones de un alga con un hongo, y se tiene un campo fértil para



Figura 1. (a) Film de algas verdes.
Película de algas verdes.

5. BIODETERIORAÇÃO DOS MATERIAIS POROSOS INORGÂNICOS

Marcela Cedrola e A. Elena Charola

1. Introdução à biocolonização

A água é necessária para todos os organismos vivos. Isto implica em que, se um material está frequentemente úmido, é muito provável que seja colonizado por estes organismos. A biocolonização de materiais porosos inorgânicos é resultado de uma sequência de etapas. É sabido que uma superfície úmida se suja mais rapidamente do que uma seca. Isto se deve ao fato de que a superfície úmida, seja por chuva, orvalho ou condensação superficial, atua como uma fonte captadora de partículas de pó, de gases de poluição atmosférica e de pólen, esporos e bactérias presentes no ar. Desta maneira, se forma uma camada “fértil” que facilita o desenvolvimento de microorganismos, comumente chamado “biofilme”. A consequência da formação de um biofilme é que a superfície tende a reter mais umidade por mais tempo, facilitando um maior depósito de pó e outras substâncias, assim como o desenvolvimento de microorganismos, tais como as bactérias, algas e fungos (Figura 1).

Uma vez que estes estejam estabelecidos, podem desenvolver-se os líquens (Figura 2), que são associações de uma alga com um fungo, e se tem um campo



Figura 1. (b) Hongos multicelulares sobre Asperón rojo. (San Ignacio Mini, Argentina).
Fungos multicelulares sobre arenito vermelho. (San Ignacio Mini, Argentina).





Figura 2. (a) Líquien folioso sobre asperón rojo.
Líquien folioso sobre arenito vermelho.



Figura 2. (b) Detalle del líquen. (San Ignacio Mini, Argentina).
Detalle do líquen. (San Ignacio Mini, Argentina.)

el desarrollo de musgos, hepáticas y helechos (Figuras 3 y 4). Estas plantas facilitan el depósito de semillas y consecuentemente empiezan a crecer hierbas. Luego aparecen plantas menores y finalmente se pueden desarrollar plantas superiores, como arbustos y árboles (Figura 5).

fértil para o desenvolvimento de musgos, hepáticas e samambaias (Figuras 3 y 4). Estas plantas facilitam o depósito de sementes e, consecuentemente, começam a crescer ervas. Logo aparecem plantas menores e, finalmente, podem desenvolver-se plantas superiores, como arbustos e árvores (Figura 5).



Figura 3. (a) Musgo sobre asperón rojo. Ntra. Sra. de Loreto, Argentina
Musgo sobre arenito vermelho. (Nra Señora de Loreto, Argentina).



Figura 3. (b) Helechos sobre asperón. (San Ignacio Mini, Argentina).
Samambaias sobre arenito. (San Ignacio Mini, Argentina).



Figura 4. (a) Hepática sobre asperón rojo.
Hepática sobre arenito vermelho.

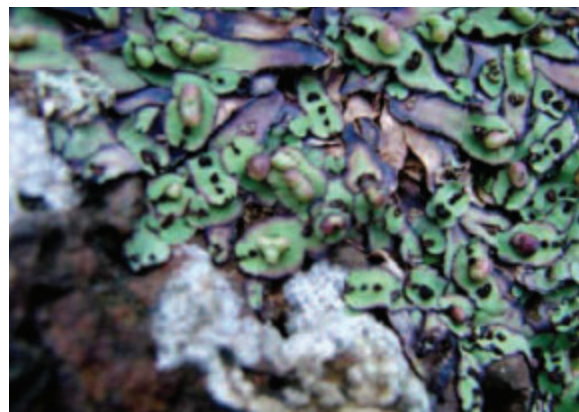


Figura 4. (b) Detalle de la planta.
Detalle da planta .





Figura 5. (a) Colonización mixta: algas, musgos, helechos y clavel del aire (*Tillandsia* sp.), sobre asperón rojo.

Colonização mixta: algas, musgos, samambaias e tillandsia "cravo do ar". (San Ignacio Mini, Argentina.).

La secuencia descrita es válida, generalmente, ya que la colonización biológica sigue un orden en función de la complejidad creciente, tanto en su organización celular, como en el metabolismo de cada uno de los seres vivos intervinientes.

2. Clasificación de los organismos

Cuando se habla de organización corporal, se refiere a si los organismos son unicelulares o pluricelulares. Si las células son primitivas (procariotas), o evolucionadas (eucariotas); si se organizan en tejidos, órganos, aparatos y sistemas.

De acuerdo a estas características es que se clasifica a los seres vivos en diversos grupos que contemplan diferencias distintivas generales en cuanto a su estructura, organización corporal y metabolismo. Para tener un orden, se clasifican en subgrupos derivados que permitan organizarlos en una forma de complejidad creciente. El cuadro siguiente (Tabla 1) ilustra la complejidad de los agentes biológicos.

3. Clasificación de los microorganismos

El metabolismo, conjunto de funciones que mantienen con vida al individuo, se considera para clasificar a los microorganismos. Por ejemplo, se contempla el tipo de respiración que poseen, si nece-



Figura 5. (b). Arbol creciendo sobre una estructura original.

Árvore crescendo sobre uma estrutura. (Santa Ana, Argentina, 1988)

A sequência descrita geralmente é válida, uma vez que a colonização biológica segue uma ordem em função da complexidade crescente, tanto em sua organização celular como no metabolismo de cada um dos seres vivos intervinientes.

2. Classificação dos organismos

Quando se fala de organização corporal, referem-se a se os organismos são unicelulares ou pluricelulares. Se as células são primitivas (procariotas) ou evoluídas (eucariotas); se são organizados em tecidos, órgãos, aparelhos ou sistemas.

De acordo com estas características é que se classificam os seres vivos em diversos grupos que contemplan características distintivas gerais em relação à sua estrutura, organização corporal e metabolismo. Para ter uma ordem, classificam-se em subgrupos derivados, o que permite organizá-los em complexidade crescente. O quadro seguinte (Tabela 1) ilustra a complexidade dos agentes biológicos.

3. Classificação dos microorganismos

O metabolismo, conjunto de funções que mantêm com vida o indivíduo, é considerado para classificar os microorganismos. Por exemplo, se observa o tipo de respiração que possuem, se necessitam oxí-



Tabla 1 Tabela 1

Microorganismos <i>Microorganismos</i>	Bacterias <i>Bactérias</i>			
	Hongos unicelulares <i>Fungos unicelulares</i>			
	Algas unicelulares <i>Algas unicelulares</i>			
Macroorganismos <i>Macroorganismos</i>	Hongos <i>Fungos</i>			
	Algas <i>Algas</i>			
	Líquenes (asociación simbiótica de hongos y algas) <i>Liquens (associação simbiótica de fungos e algas)</i>			
Metáfitas <i>Metafitas</i>	Plantas inferiores <i>Plantas inferiores</i>	Musgos <i>Musgos</i>		
		Hepáticas <i>Hepáticas</i>		
		Helechos <i>Samambaias</i>		
	Plantas superiores <i>Plantas superiores</i>	Hierbas <i>Ervas</i>		
		Arbustos <i>Arbustos</i>		
		Árboles <i>Árvores</i>		
Metazoos <i>Metazoos</i>	Invertebrados <i>Invertebrados</i>	Artrópodos <i>Artrópodos</i>	Insectos <i>Insetos</i>	
			Arácnidos <i>Aracnídeos</i>	
		Moluscos <i>Moluscos</i>		
	Vertebrados <i>Vertebrados</i>	Peces <i>Peixes</i>		
		Anfibios <i>Anfibios</i>		
		Reptiles <i>Répteis</i>		
		Aves <i>Aves</i>		
		Mamíferos <i>Mamíferos</i> El Hombre O Homem	



sitan oxígeno (aerobios) o no (anaerobios). De estos mecanismos dependerán los productos que eventualmente liberarán al medio, con las posteriores consecuencias para el sustrato.

También son parte del metabolismo las reacciones químicas implicadas en el proceso de alimentación. Si los organismos pueden convertir sustancias inorgánicas en orgánicas, por ejemplo, mediante fotosíntesis, se denominan *autótrofos*. Pero otros organismos deben tomar las sustancias orgánicas directamente del sustrato, ya que no tienen capacidad para fabricarlas ellos mismos. Estos son los organismos *heterótrofos*. En este caso, frecuentemente liberan sustancias que sirven para degradar la materia, a fin de incorporarla, como ocurre con los llamados *saprófitos*, entre los que se encuentran, fundamentalmente, los hongos.

El siguiente cuadro (Tabla 2) presenta la clasificación de los microorganismos en función de su metabolismo.

gênio (aeróbicos) ou não (anaeróbicos). Destes mecanismos dependerão os produtos que eventualmente liberarão ao meio, com as posteriores conseqüências para o substrato.

Também são partes do metabolismo as reações químicas implicadas no processo de alimentação. Se os organismos podem converter substâncias inorgânicas em orgânicas, por exemplo, mediante fotossíntese, denominam-se *autótrofos*. Mas outros organismos devem extrair as substâncias orgânicas diretamente do substrato, uma vez que não têm capacidade para fabricá-las. Estes são os organismos *heterótrofos*. Neste caso, freqüentemente liberam substâncias que servem para degradar a matéria, a fim de incorporá-la, como ocorre com os chamados *saprófitos*, entre os quais se encontram, fundamentalmente, os fungos.

O quadro abaixo (Tabela 2) apresenta a classificação dos microorganismos em função do seu metabolismo.

Respiración <i>Respiração</i>	Aeróbicos (respiran oxígeno) <i>Aeróbicos (respiram oxigênio)</i>	Liberan <i>Liberam</i>	Anhídrido carbónico <i>Anhídrido carbónico</i> Agua <i>Água</i>
	Anaeróbicos (Fermentadores) <i>Anaeróbicos (Fermentadores)</i>	Liberan <i>Liberam</i>	Etanol <i>Etanol</i> Ácido láctico <i>Ácido láctico</i> Ácido butílico <i>Ácido butílico</i>
Alimentación <i>Alimentação</i>	Autótrofos (fabrican su propio alimento) <i>Autótrofos (fabricam seu próprio alimento)</i>	Fotosintéticos <i>Fotosintéticos</i>	Necesitan luz, agua y minerales <i>Necessitam luz, água e minerais</i>
		Quimiosintéticos <i>Quimiosintéticos</i>	Necesitan agua y minerales <i>Necessitam água e minerais</i>
	Heterótrofos (no fabrican su propio alimento) <i>Heterótrofos (não fabricam seu próprio alimento)</i>	Se alimentan del medio en que se encuentran degradándolo <i>Se alimentam do meio em que se encontram e o degradan</i>	Liberan enzimas al exterior y absorben sus productos <i>Liberam enzimas ao exterior e absorvem seus produtos</i>

Tabla 2. Clasificación de los microorganismos en función de su metabolismo.

Tabela 2, Classificação dos microorganismos em função do seu metabolismo.



4. Mecanismos de deterioro

El deterioro ocurre por dos mecanismos fundamentales:

acción mecánica o física, resultante del crecimiento de hifas de hongos y líquenes y, fundamentalmente, de raíces de plantas, sobre todo de las superiores;

acción química, resultante de la generación de ácidos y agentes complejantes que los microorganismos generan.

Para producir el deterioro, los seres vivos necesitan, generalmente, contacto con el sustrato y cuanto mayor es la superficie de apoyo, mayor es el deterioro.

4.1. Acción mecánica o física

La acción, generalmente de pérdida, desgaste o aún de rotura, resulta por el crecimiento de los organismos, y las raíces, rizoides o hifas que penetran en el sustrato, las que se expanden generando tensiones que debilitan su estructura (Figura 6).

Algunos organismos, tales como los hongos, producen daños menos perceptibles. Pueden pulverizar la superficie, por proceso de abrasión mecánica, quedando la misma más expuesta al crecimiento de nuevas colonias de bacterias u hongos.



Figura 6. (a) Deterioro mecánico superficial por crecimiento de líquen crustoso mal llamado “hongo blanco” sobre asperón rojo.

Deterioração mecânica superficial por líquen crustoso erroneamente denominado “fungo branco” sobre arenito. (San Ignacio Miní, Argentina.)

4. Mecanismos de deterioração

A deterioração ocorre por dois mecanismos fundamentais:

ação mecânica ou física, resultante do crescimento de hifas de fungos e líquens e, fundamentalmente, de raízes de plantas, principalmente das superiores;

ação química, resultante da geração dos ácidos e agentes complexantes gerados pelos microorganismos.

Para produzir a deterioração, os seres vivos geralmente necessitam contato com o substrato e quanto maior for a superfície de apoio, maior é a deterioração.

4.1. Ação mecânica ou física

A ação de perda, desgaste ou ruptura geralmente resulta do crescimento dos organismos e as raízes, rizóides ou hifas que penetram no substrato se expandem gerando tensões que enfraquecem sua estrutura (Figura 6).

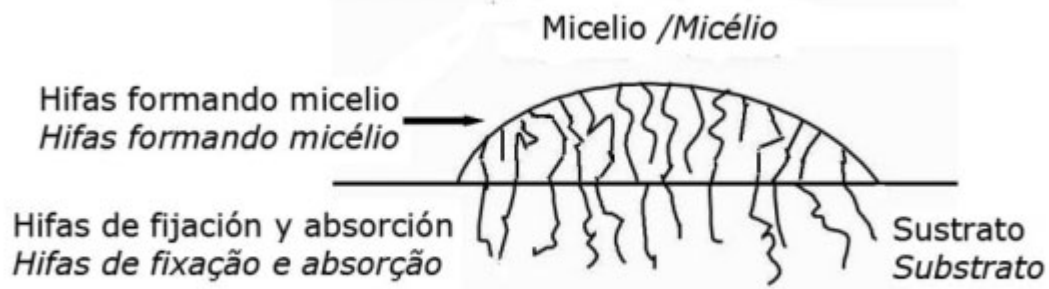
Alguns organismos, tais como os fungos, produzem danos menos perceptíveis. Podem pulverizar a superfície por processo de abrasão mecânica, ficando a mesma mais exposta ao crescimento de novas colônias de bactérias ou fungos.



Figura 6. (b) Deterioro mecánico de una estructura por crecimiento de un árbol.

Deterioração mecânica de uma estrutura pelo crescimento de uma árvore. (São Nicolau, Brasil).





Esquema de hongo multicelular
Esquema de fungo multicelular

Ejemplo de hongo multicelular:

En la parte superior del material vemos el crecimiento del hongo (micelio, el cuerpo vegetativo), en la parte inferior las hifas de fijación. Las hifas son filamentos muy delgados que penetran en el material, sobretodo si es muy poroso. Estos organismos son muy difíciles de erradicar, pues si se limpian mecánicamente, las hifas quedan y el hongo vuelve a crecer. Aún utilizando biocidas, puede que no se elimine totalmente el organismo. Si queda una parte del organismo vivo, vuelve a crecer rápidamente. También podemos encontrar esporas producidas por el hongo, que son una forma de reproducirse (equivalentes a las semillas de otras plantas), muy resistentes debido a su gruesa pared externa y su bajo metabolismo.

4.2 Acción Química

La acción resulta del contacto de sustancias producidas por el organismo con el sustrato en el que está apoyado. Se puede subdividir, de acuerdo al tipo de reacción producida por la sustancia liberada por el organismo.

1. Acidólisis
2. Alcalinólisis
3. Formación de complejos o quelatos
4. Intercambio iónico
5. Degradación enzimática
6. Formación de pigmentos

Exemplo de fungo multicelular:

Na parte superior do material vemos o crescimento do fungo (micélio, o corpo vegetativo), na parte inferior as hifas de fixação. As hifas são filamentos muito finos que penetram nos materiais, principalmente se é muito poroso. Estes organismos são muito difíceis de erradicar, pois quando são limpos mecanicamente, as hifas permanecem e o fungo volta a crescer. Mesmo utilizando biocidas, é possível que não se elimine totalmente o organismo. Se uma parte do organismo vivo permanece, ele volta a crescer rapidamente. Também podemos encontrar esporos produzidos por fungos que são uma forma de reprodução (equivalente às sementes de outras plantas), muito resistentes devido à espessura da parede externa e ao seu baixo metabolismo.

4.2 Ação Química

A ação é o resultado do contato de substâncias produzidas pelo organismo com o substrato onde se apóia. Pode-se subdividir em diferentes tipos, conforme a reação produzida pela substância liberada pelo organismo.

1. Acidólise
2. Alcalinólise
3. Formação de compostos ou quelatos
4. Trocas iônicas
5. Degradação enzimática
6. Formação de pigmentos



4.2.1 Acidólisis

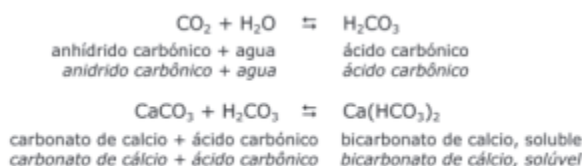
Se produce por disolución del sustrato, particularmente piedras calcáreas y metales, por acción de ácidos, tanto inorgánicos como orgánicos.

Ácidos inorgánicos
Carbónico (H_2CO_3)
Nítrico (HNO_3)
Sulfúrico (H_2SO_4)
Ácidos orgánicos
Láctico
Butírico
Oxálico
Acético
Succínico
Fórmico
Aspártico

Los ácidos orgánicos producen degradación, no sólo porque acidifican el medio ambiente, sino que, por ser orgánicos, favorecen el crecimiento de nuevos microorganismos.

El ácido carbónico se genera en el ambiente por la reacción del anhídrido carbónico del aire con el agua, y en el microambiente debido a la respiración de los organismos. Provoca disolución total o parcial del carbonato de calcio o magnesio que se encuentra en el mármol, la piedra caliza y los morteros de cal.

Ecuaciones



4.2.2 Alcalinólisis

Degrado del sustrato por liberación de compuestos alcalinos o básicos, tales como el carbonato de sodio (Na_2CO_3), el carbonato de amonio, $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$ y algunas aminas biógenas. Estos compuestos producen disolución de sales metálicas y elevan el pH del medio, favoreciendo el crecimiento de organismos basófilos.

4.2.1 Acidólise

Produz-se pela dissolução do substrato, particularmente pedras calcárias e metais, por ação de ácidos, tanto inorgânicos quanto orgânicos.

Ácidos inorgânicos
Carbônico (H_2CO_3)
Nítrico (HNO_3)
Sulfúrico (H_2SO_4)
Acidos orgânicos
Lático
Butírico
Oxálico
Acético
Succínico
Fórmico
Aspártico

Os ácidos orgânicos produzem degradação, uma vez que não apenas acidificam o meio ambiente, mas também, por ser orgânicos, favorecem o crescimento de novos microorganismos.

O ácido carbônico se produz no ambiente pela reação do anidrido carbônico do ar com a água, e no micro-ambiente devido à respiração dos organismos. Provoca dissolução total ou parcial do carbonato de cálcio ou magnésio que se encontra em mármore, pedras calcárias ou nas argamassas de cal.

Equações

4.2.2 Alcalinólise

Degradação do substrato por liberação de compostos alcalinos ou básicos, tais como o carbonato de sódio (Na_2CO_3), o carbonato de amônia $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$ e alguns aminos biogênicos. Estes compostos produzem a dissolução de sais metálicos e elevam o pH do meio ambiente, favorecendo o desenvolvimento de organismos basófilos.



4.2.3 Formación de complejos o quelatos

La quelación es un proceso por el cual, un átomo o ión metálico, queda “atrapado” en una estructura tipo “jaula” o caparazón (como un quelonio o tortuga). Hay microorganismos capaces de producir compuestos orgánicos, tales como bases polifuncionales, que tienen la particularidad de formar este tipo de complejos. Estos compuestos pueden provocar la disolución superficial de metales si estos están colonizados por microorganismos. También pueden extraer iones específicos, tales como el hierro, calcio, magnesio, de minerales en rocas colonizadas.

Los ácidos oxálico, succínico y cítrico, además de atacar químicamente sustratos alcalinos, como la caliza, pueden secuestrar cationes metálicos de otros sustratos minerales, como el granito. Al capturar el catión metálico de la superficie producen manchas y corrosión

4.2.4 Intercambio iónico

Microorganismos y plantas pueden absorber cationes, tales como el sodio (Na^+) o el potasio (K^+), como parte de sus necesidades nutricionales. Para balancear la carga eléctrica, liberan otros cationes, lo que genera el proceso llamado de “intercambio iónico”.

El proceso de transformación de la mica en vermiculita (un tipo de arcilla) está mediado por la acción de hongos, que realizan este tipo de intercambio, cambiando iones de potasio por iones de sodio. Ocurre fundamentalmente en arcillas que provienen de excavaciones húmedas y en cimientos húmedos arcillosos.

4.2.5 Degradación enzimática

Las enzimas son proteínas capaces de catalizar reacciones químicas. Las enzimas son liberadas al sustrato por microorganismos, tales como los hongos saprófitos. Las reacciones que catalizan pueden ser tanto de formación de un nuevo compuesto o de descomposición de una molécula grande en dos o más, pequeñas.

Todos los heterótrofos (hongos y bacterias) liberan exoenzimas, o sea enzimas que son liberadas al

4.2.3 Formação de complexos ou quelatos

A quelação é um processo pelo qual um átomo ou ión metálico fica “retido” em uma estrutura tipo “gaiola” ou carapaça (como um quelônio ou tartaruga). Existem microorganismos capazes de produzir compostos orgânicos, tais como bases polifuncionais, que têm a particularidade de formar este tipo de complexo. Estes compostos podem provocar a dissolução superficial de metais, se estes estão colonizados pelos microorganismos. Também podem extrair íons específicos, tais como o ferro, cálcio ou magnésio de minerais nas rochas colonizadas.

Os ácidos oxálico, succínico e cítrico além de atacar químicamente sustratos alcalinos, como os calcários, podem seqüestrar cátions metálicos de outros sustratos minerais, como o granito. Ao capturar o cátion metálico da superfície, eles produzem manchas e corrosão.

4.2.4 Trocas iônicas

Microorganismos e plantas podem absorver cátions, tais como o sódio (Na^+) ou o potássio (K^+), como parte de suas necessidades nutricionais. Para balancear a carga elétrica, liberam outros cátions, o que gera o processo denominado de “troca iônica”.

O processo de transformação da mica em vermiculita (um tipo de argila) está mediado pela ação de fungos, que realizam este tipo de intercâmbio, trocando íons de potássio por íons de sódio. Isto ocorre, fundamentalmente, em argilas que provêm de escavações úmidas e em cimentos úmidos e argilosos.

4.2.5 Degradação enzimática

As enzimas são proteínas capazes de catalisar reações químicas. As enzimas são liberadas no sustrato por microorganismos, tais como os fungos saprófitos. As reações que catalisam podem ser tanto para formação de um novo composto como para a decomposição de uma molécula grande em duas ou mais, pequenas.

Todos os heterótrofos (fungos e bactérias) liberam exoenzimas, ou seja, enzimas que são liberadas



exterior. Las enzimas catalizan la reacción de degradación del sustrato que es luego aprovechada por el organismo que las ingresa a sus células, es decir que “se las come”.

Hay varios tipos de enzimas, tales como las:

Proteasas: degradan proteínas.

Amilasas: degradan hidratos de carbono.

Lipasas: degradan los lípidos.

Complejo celulasas (de varias enzimas): degradan la celulosa.

4.2.6 Formación de pigmentos

Los microorganismos pueden tener pigmentos en su interior. Entre ellos están la clorofila de color verde; los carotenos, de color rojo, anaranjado o amarillo; la ficobilinas o ficocianinas, de color azul y/o verde, y las melaninas de color negro.

También pueden ser resultado del metabolismo del organismo, dando colores negros, pardos y púrpuras como consecuencia de la metabolización del sustrato y en función de los productos resultantes.

5. Animales

Los animales también pueden contribuir al deterioro. Insectos xilófagos (carcomas), cucaracha de papel, ácaros, termitas, taladro, roedores, provocan un deterioro físico-mecánico, al “comer” el sustrato sobre el que se encuentran. En el caso particular de las hormigas, la construcción de hormigueros y túneles subterráneos, pueden debilitar la resistencia mecánica del suelo. Si esto ocurre debajo de una estructura o muy próxima a ella, puede llegar a inducir un hundimiento parcial de la misma (Figura 7).

Algunos pájaros pueden contribuir al deterioro de estructuras, pues en ciertos casos se ha comprobado que picotean los morteros para sacar granos de arena. También animales sueltos en el lugar, tales como perros u otros cuadrúpedos, pueden causar daño por interacción (apoyarse, orinar, rascar la superficie, etc.), incluyendo el guano que producen. Este puede resultar en un problema estético, en el caso de chorreaduras, o uno más grave, cuando hay acumulación de guano en áreas reparadas.

para o exterior. As enzimas catalisam a reação de degradação do substrato, que é logo aproveitada pelo organismo que a conduz às suas células, isto é, “que as come”.

Existem vários tipos de enzimas, tais como:

Proteases: degradam proteínas.

Amilases: degradam hidratos de carbono.

Lipasas: degradam lipídios.

Complexo celulasas (de várias enzimas): degradam a celulose.

4.2.6 Formação de pigmentos

Os microorganismos podem ter pigmentos em seu interior. Entre eles está a clorofila, de cor verde; os carotenos, de cor vermelha, laranja ou amarela; a ficobilinas o ficocianinas, de cor azul e/ou verde, e as melaninas de cor negra.

Também podem ser resultantes do metabolismo do organismo, dando cores negras, pardas e púrpuras como consequência do metabolismo do substrato e em função dos produtos resultantes.

5. Animais

Os animais também podem contribuir com a deterioração. Insetos xilófagos (cupins), traças, ácaros, térmitas, brocas, roedores provocam uma deterioração físico-mecânica, ao “comer” o substrato sobre o qual se localizam. No caso particular das formigas, a construção de formigueiros e de túneis subterráneos pode enfraquecer a resistência mecânica do solo. Se isto ocorre sob uma estrutura ou em suas proximidades, pode provocar afundamentos ou assentamentos da mesma (Figura 7).

Alguns pássaros podem contribuir para a degradação de estruturas, pois em certos casos se comprovou que bicam as argamassas para extrair grãos de areia. Também animais soltos, tais como cachorros ou outros quadrúpedos, podem causar danos por interação (apoiar-se, urinar, rascar a superfície, etc.), incluindo os excrementos. Isto pode resultar em um problema estético, no caso de respingos, ou algo mais grave, quando há acumulação de fezes em áreas recuperadas. Se



Y se incluye aquí el de los murciélagos. El guano puede contener productos corrosivos para materiales calcáreos y también sales solubles, pero como



Figura 7. (a) Hormiguero en las proximidades de un pilar esquinero de una de las “casas de indios” (Santísima Trinidad, Paraguay).

Formigueiro nas proximidades de um cunhal de uma das “casas de índios” (Santísima Trinidad, Paraguay).

en general estos animales lo depositan en zonas cubiertas, el problema es potencial, pues sólo se activa con la presencia de agua líquida. Pero en todos los casos, es un problema higiénico que debe ser tenido en cuenta por las enfermedades que puede transmitir al hombre.

Es evidente que los animales, a excepción del hombre, no son los más nocivos para la conservación de estructuras. Pero a largo plazo, y si no se controlan, pueden ocasionar graves daños.

6. Epílogo

El biodeterioro es uno de los agentes importantes del deterioro del patrimonio construido. La biocolonización puede ser un problema grave si se abandona el objeto por largos períodos, pues el proceso de deterioro es lento pero efectivo.

Cabe señalar que las acciones del hombre, irónicamente el que creó este patrimonio, son las que más rápidamente lo destruye. Estas van, desde los conflictos bélicos hasta las acciones de conservación mal entendidas. Para este último caso, es de hacer notar que, ante una duda, es preferible no hacer nada antes que hacer algo mal.

incluem aqui as dos morcegos. As fezes podem conter produtos corrosivos para os materiais calcários e também sais solúveis, mas como em geral



Figura 7. (b) Hormigas ingresando al interior de un muro a través de la separación entre los mampuestos y el mortero de junta. (Santísima Trinidad, Paraguay).

Formigas entrando no interior de um muro pelas juntas de argamassa entre os blocos. (Santísima Trinidad, Paraguay).

estes animais as depositam em zonas cobertas, o problema é potencial, pois só se ativa na presença de água líquida. Mas em todos os casos, é um problema higiénico que deve ser levado em conta pelas enfermidades que pode transmitir ao homem.

É evidente que os animais, a exceção do homem, não são os mais nocivos para a conservação de estruturas. Mas em longo prazo, e se não são controlados, podem ocasionar graves danos.

6. Epílogo

A biodegradação é um dos agentes importantes da deterioração do patrimônio construído. A biocolonização pode ser um problema grave se o objeto for abandonado por grandes períodos, pois o processo de degradação é lento, mas efetivo.

Cabe assinalar que as ações do homem, ironicamente o que criou este patrimônio, são as que mais rapidamente o destroem. Estas vão desde os conflitos bélicos até as ações de conservação mal entendidas. Para este último caso, é de fazer notar que, perante uma dúvida, é preferível não fazer nada, a fazer mal.

