

# Biodeterioro ocasionado por Briofitas, Ascomicetes liquenizados y Cianobacteria en una escultura (Tucumán, Argentina)

Biasuso, Amalia B.<sup>1,2</sup> y Adriana I. Hladki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Área de Botánica, Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.  
E-mail: biasuso@csnat.unt.edu.ar

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Naturales e IML, Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

► **Resumen** — Biasuso, Amalia B. y Adriana I. Hladki. 2011. "Biodeterioro ocasionado por Briofitas, Ascomicetes liquenizados y Cianobacteria en una escultura (Tucumán, Argentina)". *Lilloa* 48 (1). Se citan e ilustran 9 organismos responsables del proceso de biodeterioro de la escultura "desnudo de pie", Bryopsida: *Bryum argenteum* Hedw., *Erpodium beccarii* (Brid.) Müll. Hall., *E. glaziovii* Hampe, *Pseudocrossidium replicatum* (Taylor) R. H. Zander; Hepatophyta: *Frullania* Raddi; Ascomicetes liquenizados: *Candelaria* A. Massal, *Parmotrema reticulatum* (Taylor) M. Choisy, *Parmotrema cetratum* (Ach.) Hale; Cianobacteria: *Scytonema millei* Born.

**Palabras clave:** Agentes de biodeterioro, escultura, Tucumán, Argentina.

► **Abstract** — Biasuso, Amalia B. & Adriana I. Hladki. 2011. "Biodeterioration caused by Bryophytes, lichenized Ascomycetes and Cyanobacteria in a sculpture (Tucumán, Argentina)". *Lilloa* 48 (1). Nine agents of biodeterioration were registered and illustrated: Bryopsida: *Bryum argenteum* Hedw., *Erpodium beccarii* (Brid.) Müll. Hall., *E. glaziovii* Hampe, *Pseudocrossidium replicatum* (Taylor) R. H. Zander; Hepatophyta: *Frullania* Raddi; lichenized Ascomycetes: *Candelaria* A. Massal, *Parmotrema reticulatum* (Taylor) M. Choisy, *Parmotrema cetratum* (Ach.) Hale; Cyanobacteria: *Scytonema millei* Born.

**Keywords:** Agents of biodeterioration, sculpture, Tucumán, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

La escultura «desnudo de pie» fue esculpida por el prolífico escultor latinoamericano Lorenzo Domínguez y se remonta al período 1949-1956, constituyendo un valioso patrimonio artístico nacional. Esta obra de piedra metamórfica de aproximadamente 3 m de altura, se encuentra emplazada en el patio central de la Facultad de Arte de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Debido a que la escultura está expuesta a la intemperie fue colonizada por numerosos organismos que dieron lugar a una serie de alteraciones, causando un impacto estético negativo con repercusiones desde el punto de vista histórico y cultural.

Las alteraciones de los materiales pétreos y la acción de estos organismos fueron detalladas en contribuciones anteriores (Hladki,

2000 y Parrado *et al.*, 2008b) y descritas por Caneva *et al.* (1991) y Hale (1980).

La alteración biológica producida en monumentos de países tropicales se ha documentado ampliamente por Kumar & Kumar (1999). Sin embargo, las publicaciones acerca de la colonización biológica en monumentos y esculturas de Sudamérica son insuficientes.

En la última década se abordó en la Argentina, proyectos de investigación referentes a la identificación de los organismos responsables del deterioro de obras pertenecientes al patrimonio artístico y cultural (Hladki, 2000; Hladki & Martínez De Marco, 1996; Lopez & Giménez, 2007; Parrado *et al.*, 2008a,b; Rosato, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

Este trabajo forma parte del proyecto «Restauración Conservativa Integral», que se realizó bajo la dirección técnica de la restauradora Beatriz Cazzaniga. El objetivo es la

identificación de los agentes causantes de biodeterioro, como medida de control primaria para implementar las mejores estrategias de manejo y eliminación de estos organismos.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La escultura fue rodeada de una estructura de hierro y madera, con andamios a distintas alturas que permitieron acceder a la misma y optimizar el trabajo en cada sector del monumento (Fig. 1: A-B). El muestreo se realizó en junio de 2009, tomando 10 muestras en distintos niveles y orientaciones de la escultura que presentaban una diferenciación en cuanto al color de la piedra y a la apariencia visual de los agentes causantes del biodeterioro. Se extrajeron musgos y hepáticas y se rasparon las superficies que contenían ascomicetes liquenizados y cianobacterias. Los ejemplares se encuentran depositados en el herbario LIL de la Fundación Miguel Lillo.

Los especímenes fueron identificados, sobre la base de su estudio morfológico y/o anatómico realizando preparaciones microscópicas semipermanentes para observar los caracteres diagnósticos de los mismos.

Las técnicas utilizadas han sido detalladas en contribuciones anteriores (Hladki, 2000; Parrado *et al.*, 2008a,b).

Se incluyen láminas con fotografías de los organismos estudiados y en algunos casos de los caracteres diagnósticos que permitieron su identificación taxonómica.

#### RESULTADOS

De las observaciones *in situ* y su posterior examen en el laboratorio, se reconocieron los siguientes agentes responsables del proceso de biodeterioro.

#### CIANOBACTERIA

##### *Scytonema millei* Born.

Observaciones: Parrado *et al.* (2008b) describen e ilustran este organismo afectando «El Indio», un monumento histórico de mortero de cemento emplazado en la ruta provin-

cial 307 de la provincia de Tucumán; asimismo esta cianobacteria es considerada responsable de la desintegración de monumentos de piedra en Indonesia y Singapur (Frémy, 1930; Geitler, 1932; Tian *et al.*, 2004).

#### ASCOMICETES LIQUENIZADOS

##### *Candelaria* A. Massal. (Fig. 1: C)

Observaciones: es un líquen folioso que se presenta en la escultura como manchas minúsculas, amarillo brillante. Debido a que la muestra era reducida no pudo identificarse a nivel específico.

*Candelaria* sp. afecta monumentos de roca sedimentaria en India (Singh & Sinha, 1993). Para nuestro país se reporta a *C. concolor* (Dicks.) Stein. como causante de deterioro en monumentos de mortero de cemento en Buenos Aires (Rosato, 2006), además de ser frecuente en los bosques serranos y chagueños de la provincia de Córdoba creciendo sobre corteza de *Prosopis alba* y *Melia azedarach* (Estrabou *et al.*, 2005).

##### *Parmotrema reticulatum* (Taylor)

M. Choisy (Fig. 1: D)

Material examinado: ARGENTINA. Tucumán. Depto. Capital, patio de la Facultad de Arte, U.N.T., VI-2009, Biasuso & Hladki 4372, LIL.

Observaciones: es un líquen folioso saxícola, verdoso-grisáceo, que se presenta en la escultura formando colonias extensas que afectan principalmente la región del pecho.

Es una especie resistente a los contaminantes, por lo que se desarrolla perfectamente en medios urbanos de la ciudad de Córdoba (Estrabou, 1998). Sin embargo en nuestro país no existen registros de esta especie como agente de biodeterioro.

En Guatemala y Honduras se citan las siguientes especies: *Parmotrema crinitum* (Ach.) M. Choisy, *P. cristiferum* (Taylor) Hale, *P. dilatatum* (Vain.) Hale, *P. endosulphureum* (Hillmann) Hale, *P. mordenii* (Hale) Hale, *P. praesorediosum* (Nyl.) Hale, *P. sancti-angelii* (Lynge) Hale, *P. sulphura-*

*tum* (Nees & Flot.) Hale, *P. tinctorium* (Despr. ex Nyl.) Hale, como responsables del deterioro de monumentos de piedra caliza (Hale, 1980).

*Parmotrema cetratum* (Ach.)  
Hale (Fig. 1: E)

Material examinado: ARGENTINA. Tucumán. Depto. Capital, patio de la Facultad de Arte, U.N.T., VI-2009, Biasuso & Hladki 4371, LIL.

Observaciones: talo folioso grisáceo oliváceo, que afecta grandes superficies de la escultura. No se conocen registros de este organismo como agente de deterioro; en la naturaleza frecuentemente se encuentra creciendo en la corteza de los árboles.

#### MUSGOS

*Bryum argenteum* Hedw.  
(Fig. 1: F-G)

Descripción: ver Parrado *et al.* (2008b).

Observaciones: las muestras estudiadas corresponden a la parte frontal del busto en una zona cercana a la axila izquierda de la escultura. De los ejemplares de musgos examinados son las más escasas con bajo recubrimiento, debido a que sólo se coleccionaron en una muestra, se encontraron formando un cojín puro de plantas estériles de color gris opaco, creciendo cercano a líquenes y a *Erpodium beccarii* Müll. Hal.

Según estudios realizados sobre la brioflora urbana española en numerosas ciudades, Ron *et al.* (2008) citan a *Bryum argenteum* como una especie típicamente urbanícola, de estrategia colonizadora que crece en un hábitat saxicasmófito.

*Erpodium* (Brid.) Müll. Hal.

Observaciones: es un género que se incluye en la familia Erpodiaceae, ampliamente distribuido en regiones tropicales y templado cálidas de ambos hemisferios (Stone, 1997). Crece en zonas de baja altitud; en sitios oscuros o parcialmente expuestos den-

tro de bosques de zonas semiáridas. El género está caracterizado por su hábitat usualmente epifítico, pero también se lo encuentra sobre rocas, troncos y raíces expuestas.

Las plantas son relativamente pequeñas con tallos rastreros a patentes, hasta 10 mm de largo, irregularmente ramificados, tallo y ramas terminales frecuentemente ascendentes y espiralados; radiculosos abajo (Churchill y Linares, 1995). Se disponen muy adpresas al sustrato y algunas veces las especies no pilíferas son superficialmente similares a hepáticas foliosas como *Frullania* Raddi.

Del material examinado constituye el género mejor representado con 2 especies que crecen formando tapices suaves, extensos, fue localizado en tres de las muestras estudiadas presentando una amplia cobertura. En la literatura, no se conocen registros de este género como causante de biodeterioro.

*Erpodium beccarii* Müll. Hal.  
(Fig. 2: C- F)

Observaciones: los ejemplares estudiados corresponden a la parte frontal del busto en una zona cercana a la axila izquierda y parte del esternón, la apariencia visual de la colonia es de un césped verde oscuro, siendo casi negruzco en el esternón de la escultura. La coloración está dada principalmente por las plantas de *Frullania* que forman la base del césped. *E. beccarii* crece sobre y entre las plantas de esta hepática foliosa, los tallos presentan un color verde oscuro pero se diferencian por su apariencia como delicados filamentos más claros que *Frullania*. Las hojas son erectas adpresas cuando secas y los ápices terminan en una súbula hialina; así mismo los periquecios son llamativos tanto por su tamaño como por el color de las hojas periqueciales, estas son verde amarillentas, envainadoras y cubren casi completamente a los esporofitos.

*Erpodium glaziovii* Hampe  
(Fig. 1: H- K)

Observaciones: en las muestras pertenecientes a la zona del omóplato y hombro iz-

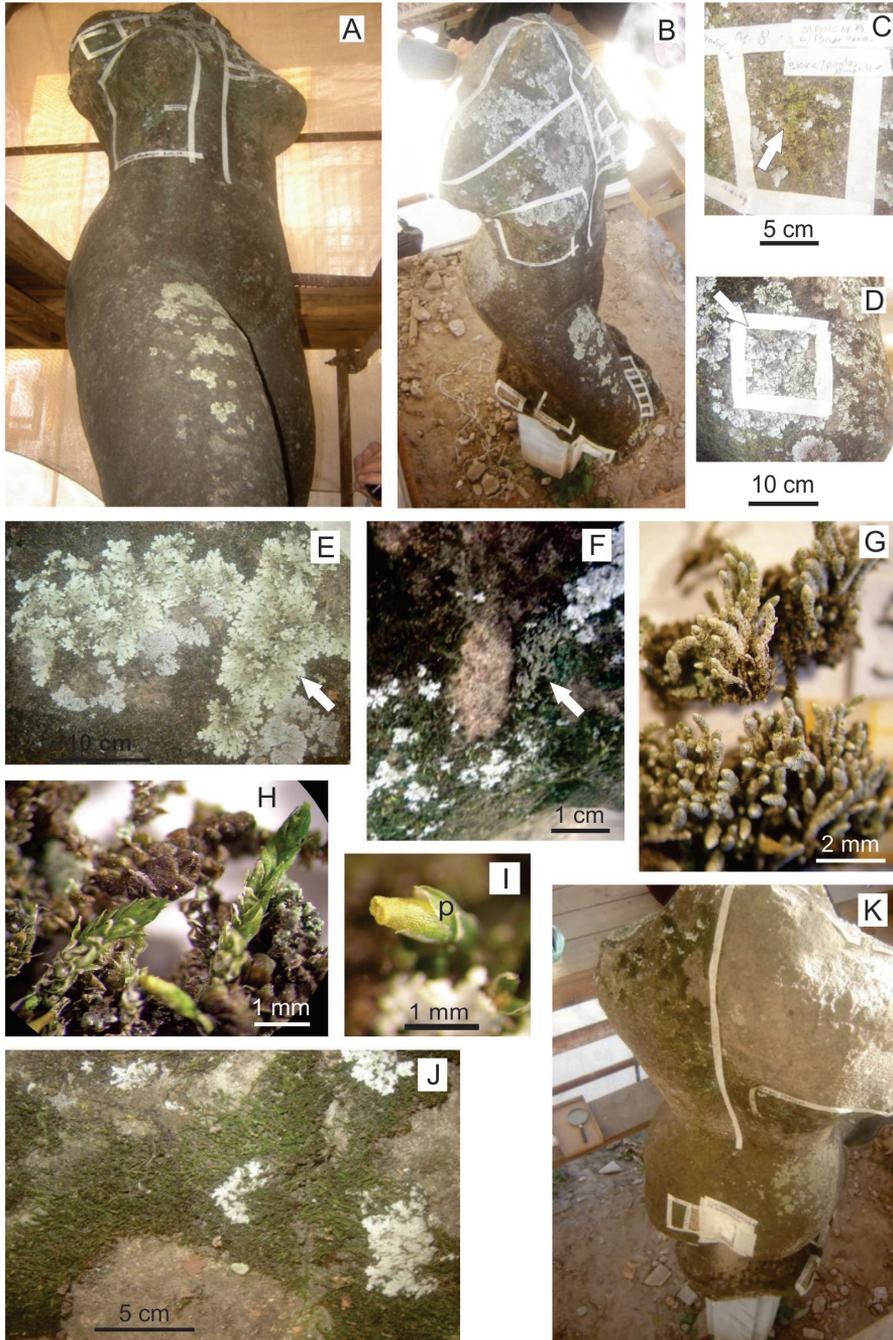


Fig. 1. A- escultura rodeada de una estructura que facilita el acceso; B- toma de muestras en cada sector del monumento; C- *Candelaria* A. Massal. talo diminuto amarillento; D- *Parmotrema reticulatum* (Taylor) M. Choisy talo folioso, verdoso-grisáceo; E- *Parmotrema cetratum* (Ach.) Hale talo folioso grisáceo oliváceo; *Bryum argenteum* Hedw. F- aspecto del césped en la escultura; G- hábito de la planta al estado seco; *Erpodium glaziovii* Hampe H- hábito de la planta al estado seco, hojas con ápices agudos a obtusos; I- esporofito al estado seco, periquecio (p) hasta la mitad de la cápsula; J- aspecto del césped en la escultura; K- desarrollo de céspedes en la zona del omóplato y hombro izquierdo de la escultura.



Fig. 2. *Frullania* Raddi A- tapiz denso mezclado con líquenes; B- hábito de la planta al estado seco; *Erpodium beccarii* Müll. Hal. C- plantas mezcladas con líquenes, hojas erectas adpresas cuando secas, ápices terminando en una súbula hialina; D- hábito de la planta al estado seco; E- plantas fértiles; F- esporofito al estado seco, periquecio (p) cubriendo casi completamente a la cápsula; *Pseudocrossidium replicatum* (Taylor) R. H. Zander G- base entre piernas de la parte frontal de la escultura; H- aspecto del césped en la escultura; I- aspecto general de las plantas; J- hábito de la planta al estado seco; K- hábito de la planta al estado húmedo.

quierdo de la escultura se identificaron plantas de *E. glaziovii*, esta especie presentan el mismo tipo de crecimiento y color que *E. beccarii*, pero se diferencia porque las hojas al estado seco son laxamente erectas y los ápices agudos a obtusos.

Los ejemplares se encontraron fértiles pero con escasos esporofitos, las hojas periqueciales son más pequeñas, verde oscuras y cubren sólo la parte media de las cápsulas. Tanto por el tamaño de los periquecios como por el color de las hojas periqueciales, los esporofitos no son tan llamativos como los de *E. beccarii*.

*Pseudocrossidium replicatum*  
(Taylor) R. H. Zander (Fig. 2: G- K)

Observaciones: *Pseudocrossidium* Williams pertenece a la familia Pottiaceae, incluye ocho especies Neotropicales de las cuales *P. replicatum* es la especie más común y de amplia distribución (Zander, 1981), se extiende desde el Suroccidente de Estados Unidos de Norteamérica hasta el norte de los Andes de Sud América. Crece sobre suelo o rocas incluyendo lava, concreto y adobe, en áreas levemente expuestas a la sequía desde los bosques andinos hasta el páramo y la puna, desde los 400 pero más comúnmente desde los 1500 a 4500 m s. m. (Gradstein *et al.*, 2001).

Las plantas son verde oscuras a pardas, pequeñas de 3-15 mm de alto, escasamente radiculosas con hojas adpresas espiraladas al estado seco y abiertas cuando húmedas. Los especímenes estudiados corresponden a la base entre piernas de la parte frontal, crecen formando céspedes puros con plantas estériles y cercanos a líquenes. Ron *et al.* (2008) citan a *Pseudocrossidium hornschiichianum* (Schultz) R. H. Zander como una especie típicamente urbanícola, y a *P. revolutum* (Brid.) R. H. Zander como una especie con estrategia colonizadora que crece en hábitat terrícola y saxicasmófito de rocas y paredes básicas secas. No se conocen registros de esta especie como causante de biodeterioro.

## HEPÁTICAS

*Frullania* Raddi (Fig. 2: A-B)

Observaciones: *Frullania* es un género de hepáticas foliosas que se incluye en la familia Jubulaceae cuyos miembros se caracterizan por la presencia de un lóbulo pequeño ventral transformado en un saco acuífero. De los dos géneros tropicales *Frullania* es el que cuenta con mayor número de especies, cerca de 75 en América (Gradstein *et al.*, 2001). Las plantas son terrestres, epífitas o rupícolas, de color rojizo, púrpuras a negro o verdes pero siempre muy oscuras; crecen formando tapices densos, con tallos rígidos y frágiles al estado seco. Suelen confundirse con algún líquen por su color purpúreo y su aspecto rígido en estado seco y por compartir hábitats que son más propicios para ciertos líquenes (Parra Cuspoa *et al.*, 1999).

Las especies del género *Frullania* se reconocen fácilmente por la pigmentación rojiza o purpúrea de las plantas, la ramificación pinnada y las hojas de disposición íncuba con el margen entero. De los taxones estudiados es la que presenta mayor cobertura y fue localizada en tres de las muestras coleccionadas; crece formando tapices extensos y oscuros, junto con *E. beccarii* y *E. glaziovii* en la zona frontal del busto en una área cercana a la axila izquierda y parte del esternón, como así también en el omoplato y hombro izquierdo. En la literatura, no se conocen registros de este género como causante de biodeterioro.

## CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

La colonización biológica en la escultura, muestra algunas diferencias, tanto cualitativa como cuantitativamente ya que algunas partes de la obra están más dañadas que otras. La caracterización analítica muestra un alto nivel de colonización en la superficie de la escultura, en la que se destaca particularmente una cubierta abundante de Ascomicetes liquenizados, musgos y hepáticas.

Con respecto a los Ascomicetes liquenizados, *Parmotrema reticulatum* y *Parmotrema*

*cetratum* fueron los de mayor cobertura, coincidiendo con las observaciones de Rosato (2006) en cuanto a la alta proporción de tallos foliosos responsables de deterioros importantes en piedra, morteros de cemento y hormigón; algunos de los cuales solamente habían sido citados sobre corteza de los árboles.

Los musgos y hepáticas foliosas colonizaron todas las partes expuestas, explotando las grietas minúsculas y las áreas débiles, lo que contribuyó al proceso general de deterioro. Las Briofitas que crecen en las ciudades disponen de poca diversidad de ambientes colonizables, por lo que en consecuencia suelen tener preferencia terrícola o saxicámofita.

Como conclusión se citan por primera vez para la Argentina a *Erpodium beccarii*, *Erpodium glaziovii*, *Pseudocrossidium replicatum*; *Frullania* sp.; *Parmotrema reticulatum*, y *Parmotrema cetratum* como agentes de biodeterioro.

#### AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las Dras. M. Adler y V. Rosato por su valioso aporte en la confirmación de algunas identificaciones, y al CIUNT por financiar parcialmente la misma.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Caneva, G.; M. P. Nugari & O. Salvadori. 1991. Biology in the conservation of Work of Art. I.C.C. ROM. International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Rome R.M., Italy, 150 pp.
- Churchill, S. P. & E. L. Linares. 1995. Prodrómus Bryologiae Novo-Granatensis. Documentos botánicos de J.J. Triana 12 (1): 1-453.
- Estrabou, C. 1998. Lichen species identification and distribution according tolerance to airborne contamination in the city of Córdoba (Argentina). In: Marcelli MP, Seaward MRD (Eds) Lichenology in Latin America: history current knowledge and applications. São Paulo CETESB: pp. 65-169.
- Estrabou, C.; L. Stiefkens; M. Hadid; J. M. Rodríguez1 & A. Pérez. 2005. Estudio comparativo de la comunidad líquénica en cuatro ecosistemas de la provincia de Córdoba. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 40 (1-2): 1-10.
- Frémy, P. 1930. Les Myxophycées de l' Afrique aquatoriale française. Caen. Arch. Bot., 3 (2): 508 pp.
- Geitler, L. 1932. Cyanophyceae. En: Rabenhorst's, Kryptogamen-Flora von Deustschland, österreich und der Schweiz. Leipzig. 1196 pp.
- Gradstein, S. R.; S. P. Churchill & N. Salazar-Allen. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. Memory of New York Botanical Garden 86: 577 pp.
- Hale, M. E. 1980. Control of biological growths on Mayan archaeological ruins in Guatemala and Honduras. In: National Geographic Research Reports, 1975, Projects 305-21, Washington, D.C.: National Geographic Society.
- Hladki, A. I. 2000. Identificación de los hongos que afectan a un monumento histórico. Lilloa 40 (1): 71-86.
- Hladki, A. I. & S. Martínez De Marco. 1996. Identificación de los hongos y algas que afectan a un Monumento Histórico. XXV Jornadas Argentinas de Botánica, Mendoza. 84 pp.
- Kumar, R. & A. V. Kumar. 1999. Biodeterioration of Stone in Tropical Environments. An overview. Research in conservation. The Getty Conservation Institute. 75 pp.
- López, S. E. & M. C. Giménez. 2007. *Asterostroma cervicolor* (Lachnociadiaceae, Basidiomycota) en un edificio histórico en Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 42 (Supl.): 220.
- Parra Cuspoca, J. D.; J. A. Posada García & R. Callejas Posadas. 1999. Guía ilustrada de los Briofitos del Parque Arví (Piedras Blancas). Corporación autónoma regional del centro de Antioquia, CORANTIOQUIA, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 162 pp.
- Parrado, M. F.; A. B. Biasuso & A. I. Hladki. 2008a. Identification of the agents responsible for biodeterioration in a historical monument. Biocell 32(2): A95.
- Parrado, M. F.; A. I. Hladki; A. B. Biasuso & V. Mirande. 2008b. Identificación de los agentes causantes de biodeterioro en un monumento histórico (Tucumán, Argentina). Lilloa 45 (1-2): 49-58.
- Ron, E.; A. Soria; T. Ballesteros; D. Gómez & F. Fernández. 2008. Flora briofítica de las ciudades de Toro y Benavente (Zamora, España). Botánica Complutensis 32: 63-68.
- Rosato, V. G. 2001. Degradación del hormigón por acción líquénica. Actas de la Reunión de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, Olavarría, Tomo I: 97-103.
- Rosato, V. G. 2004. «Acción del líquen *Staurothele frustulenta* Vainio sobre sustratos cementíceos». Ciencia y Tecnología del Hormigón 11: 19-22.
- Rosato, V. G. 2005. Agentes de deterioro biológico en ambientes rurales, urbanos y costeros de la Provincia de Buenos Aires. Ciencia y Tecnología del Hormigón. La Plata, 12: 25-29.

- Rosato, V. G. 2006. Diversity and distribution of lichens on mortar and concrete in Buenos Aires province, Argentina. *Darwiniana* 44 (1): 89-97.
- Rosato, V. G. 2007. The lichen *Caloplaca felipponei* growing on quartz sandstone in Mar del Plata (Argentina): SEM observations. *Lilloa* 44: 69-73.
- Rosato, V. G. 2008. Pathologies and biological growths on concrete dams in tropical and arid environments in Argentina. *Materials and Structures* 41: 1327-1331.
- Singh, A. & G. P. Sinha. 1993. Corrosion of natural and monument stone with special reference to lichen activity. *Recent Advances in Biodeterioration and Biodegradation* 1: 355-77.
- Stone, I. G. 1997. A revision of Erpodiaceae with particular reference to Australian taxa. *Journal of Bryology* 19: 485-502.
- Tian, Y.; J. Zhang; L. Song & H. Bao. 2004. The role of aerial algae in the formation of the landscape of the Yunnan Stone Forest, Yunnan Province, China. *Science in China Ser. D. Earth Sciences* 47 (9): 846-864.
- Zander, R. H. 1981. Descriptions and illustrations of *Barbula*, *Pseudocrossidium* and *Bryoerythrophyllum* (p.p.) of Mexico. *Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie* 2: 1-22.