

# Primer estudio del líquen *Canomaculina consors* como bioindicador de calidad de aire urbano mediante el análisis de parámetros químico-fisiológicos

Alejandra I. Ocampo, Luis J.M. Segura, Rodolfo G. Moyano & Martha S. Cañas

*Departamento de Formación Básica, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas,  
Universidad Nacional de Catamarca.  
marthacanas@tecno.unca.edu.ar*

**RESUMEN:** En este trabajo se evalúa preliminarmente la capacidad de *Canomaculina consors* (Nyl.) Elix & Hale como bioindicadora de calidad de aire en un área urbana. Para ello, talos liquénicos se colectaron en un área poco antropizada y se trasplantaron en bolsa a sitios con distintas características ambientales en San Fernando del Valle de Catamarca. Luego de 3 meses de exposición se cuantificaron sustancias marcadoras de estrés por polución en líquenes, tales como pigmentos fotosintéticos y malondialdehído, y el contenido de azufre como parámetro de acumulación. A partir de estos parámetros se observó una cierta respuesta fisiológica de *C. consors* trasplantada a sitios con distintas condiciones ambientales, lo cual se evidenció más claramente a partir del contenido de pigmentos y del cociente Clor. *b*/Clor. *a*. Superiores concentraciones de pigmentos y MDA en sitios muy transitados en la ciudad (avenida y calle del microcentro, respectivamente), así como valores altos de Clor. *b*/Clor. *a* en un sitio muy antropizado, indicarían cierto grado de afectación de los talos expuestos a sitios considerados de baja calidad atmosférica. Por tanto, y como una primera aproximación, puede estimarse que *C. consors* es una especie plausible de ser utilizada como bioindicadora de calidad de aire urbano.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los líquenes son los bioindicadores más ampliamente utilizados para la evaluación de la calidad de aire, debido a su sensibilidad a condiciones ambientales, las cuales originan cambios mensurables en sus componentes específicos (Carreras et al., 1998, 2005). Sin embargo, no todos los líquenes son igualmente sensibles a los contaminantes atmosféricos; diferentes especies liquénicas muestran diferente sensibilidad a determinados contaminantes atmosféricos (Nash, 1973; Ahmadjian, 1993; Gries, 1996). Más aún, muchas especies de líquenes trasplantadas han probado ser útiles para el "screening" de la calidad atmosférica asociada con fuentes de emisión específicas (Garty y Hagemeyer, 1988; Von Arb y Brunold, 1989; Terron Alfonso y Barreno Rodríguez, 1994; Garty et al., 1996; González y Pignata, 1999).

La evaluación sistemática de la calidad atmosférica a partir de la respuesta fisiológica de líquenes trasplantados constituye una metodología ampliamente desarrollada. Entre los parámetros más utilizados para medir los efectos subletales de los contaminantes sobre líquenes pueden mencionarse el contenido de pigmentos fotosintéticos (Rao y Le Blanc, 1965; Henriksson

y Pearson, 1981), degradación de clorofilas (Ronen y Galun, 1984; Garty et al., 1985; Kardish et al., 1987; Garty et al., 1988, González et al., 1996), la concentración de productos de peroxidación de lípidos de membrana como el malondialdehído (González y Pignata, 1994; Levin y Pignata, 1995; González et al., 1996) y acumulación de algunos contaminantes atmosféricos como el azufre (Richardson y Nieboer, 1983; Garty y Hagemeyer, 1988; González y Pignata, 1994).

Para nuestro país se ha establecido la capacidad bioindicadora de varias especies liquénicas (Cañas et al., 1997; Cañas y Pignata, 1998; Pignata, 1998; Calvelo et al., 1998). En Catamarca, se han realizado estudios de calidad de aire mediante el empleo de *Parmotrema austrosinense* como biomonitora en Belén (Palomeque et al., 2006, 2007), en la zona minera del oeste provincial (Mohaded Aybar et al., 2008, 2010) y en el área central de la capital (Ocampo et al., 2011a, b).

Así mismo, Mohaded Aybar et al. (2008, 2010) analizaron la capacidad de *Canomaculina consors* como bioindicadora de polutantes de origen minero. El estudio de la respuesta de esta especie en relación con la calidad del aire reviste especial

importancia, debido a que es una especie muy conspicua en la región, de fácil reconocimiento y colección; lo cual son características importante de considerar cuando se selecciona una especie de líquen para trabajos de biomonitoreo/bioindicación.

El presente, constituye el primer trabajo en el cual se analiza la capacidad de *C. consors* como bioindicadora de calidad de aire en un área urbana. Para ello, se cuantificaron un conjunto de sustancias marcadoras de estrés por polución en líquenes, tales como pigmentos fotosintéticos y malondialdehído, y el contenido de azufre como parámetro de acumulación. Dado que para establecer si una especie es adecuada como bioindicadora son necesarios una serie de estudios más amplios y sostenidos en el tiempo, los resultados aquí presentados deben considerarse como una primera aproximación al conocimiento de la respuesta de esta especie a ambientes urbanos, a modo exploratorio.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

La ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca (SFV Catamarca), se encuentra a los 28° 28' 02" lat. S y 65° 46' 51" long. O, a una altura de 545 m s.n.m. Está ubicada en el denominado Valle Central de Catamarca, extensa depresión tectónica delimitada al oeste por la Sierra de Ambato-Manchao y al este por la Sierra de El Alto – Ancasti. Su límite norte está dado por las últimas estribaciones de las Sierras de Fariñango y Gracianas, las cuales descienden hasta hundirse en el relleno cuartario un poco al norte y este, respectivamente, de la ciudad capital. Fitogeográficamente, corresponde a la Región del Chaco Árido (Morello et al., 1977), Provincia Chaqueña (Cabrera, 1976). El clima es semi-árido, con un promedio de precipitación anual que oscila entre los 300 y 360 mm y concentración estival. La temperatura media anual para la ciudad capital es de 20,2 °C (Morlans, 1995). Los vientos predominantes son del NEE y del S y SO.

El Municipio de SFV Catamarca comprende el área urbana (10 % de la superficie departamental) y un área rural, pudiendo distinguirse en el mismo tres grandes unidades territoriales: el sistema serrano, el sistema pedemontano y el sistema fluvial del Río del Valle. Cuenta con una población de 141.260 habitantes (INDEC, censo 2001), a la cual deben agregarse los pobladores de los departamentos aledaños (Valle Viejo y Fray Mamerto Esquiú, 23.707 y 10.658

habitantes, respectivamente), con los cuales conforma el "Gran Catamarca".

Estructuralmente, en la ciudad pueden distinguirse las siguientes áreas: a) nodo multifuncional a escala urbano-regional, asentado sobre trazado fundacional; b) área pericentral compacta y consolidada, con geometría paralela al trazado original; c) área intermedia de extensión más reciente, con quiebres en su trazado derivados de accidentes topográficos, hidrográficos y otros (traza antiguo aeropuerto); d) áreas de extensión mediante planes de viviendas (norte y sur), que rompen la compacidad histórica de la planta urbana produciendo grandes vacíos intermedios. Así mismo, en el sector sur de la ciudad se reconoce una zona de asentamiento industrial, que por su localización constituye un sector terminal de la ciudad. En esta zona se localiza, además, la Planta Municipal de Volcado y Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (Basurero Municipal).

### 2.2 Sitios de monitoreo

Para establecer los sitios de monitoreo (Fig. 1), se trabajó con una imagen satelital georeferenciada y se dividió el área de estudio en cuadrículas de 1 km x 1 km. Se seleccionaron 20 sitios (1 por cuadrícula) distribuidos en todo el ejido municipal, algunos de ellos coincidentes con áreas consideradas a priori críticas, ya sea por sus niveles de tránsito vehicular o por la presencia de otras posibles fuentes de polución atmosférica.

### 2.3 Líquenes y trasplante

Se colectaron talos líquénicos de *Canomaculina consors* (Nyl.) Elix & Hale en un lugar considerado de "aire limpio" (Coneta, provincia de Catamarca). Los líquenes fueron cuidadosamente limpiados a fin de eliminar material extraño, así como restos de corteza de los arbustos que les sirven de soporte. Posteriormente, los talos fueron colocados en bolsas de malla de nylon (bolsas líquénicas; aproximadamente 20 talos por bolsa) y trasplantados sobre postes, a una altura de tres metros sobre el nivel del suelo, en cada sitio de monitoreo. Luego de tres meses de exposición, las muestras correspondientes a 12 de los 20 sitios fueron recuperadas. En el laboratorio, los líquenes fueron triturados a fin de lograr homogeneidad, y se colocaron en freezer a - 4° C hasta su análisis.

### 2.4. Análisis químicos

La cuantificación de clorofilas (Clor. *a*, Clor. *b*, Clor. Total como Clor. *a* + *b*) y feofitinas (Feof. *a*, Feof. *b* y Feof. Total como Feof. *a* + *b*) se

realizó según Cañas y Pignata (1998). Además, a los fines de estimar la degradación de clorofilas, se calcularon el cociente  $\text{Clor. } b/\text{Clor. } a$  y el índice de feofitización  $\text{Feof. } a/\text{Clor. } a$ .

La concentración de malondialdehído (MDA) se determinó de acuerdo a González y col. (1996), y el contenido de azufre según González y Pignata (1994).

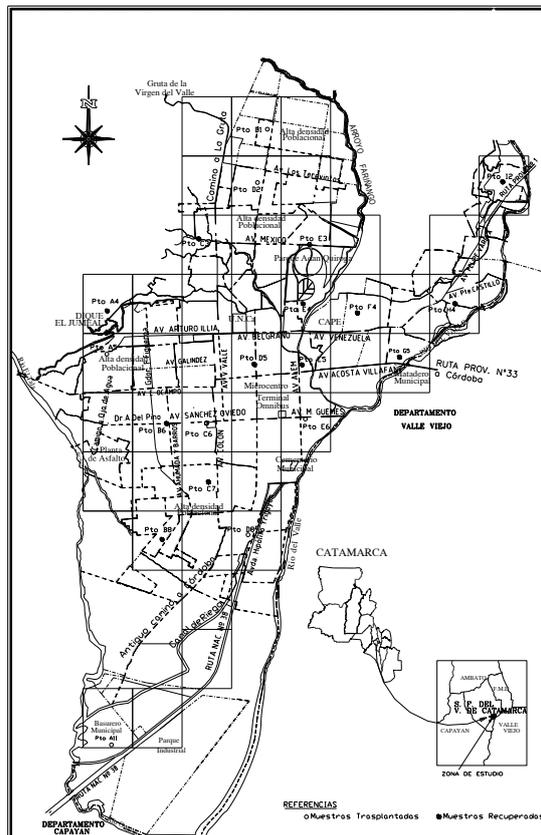


Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo en la ciudad de SFV Catamarca.

### 2.5 Análisis estadísticos

Todas las determinaciones se realizaron a partir de tres submuestras independientes extraídas de cada bolsa líquénica. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA, siendo los supuestos del modelo previamente chequeados mediante métodos analíticos y gráficos. Cuando las diferencias fueron significativas a un  $p \leq 0,05$ , se aplicó Tukey como test a posteriori.

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En *C. consors*, se observaron diferencias significativas entre sitios de trasplante para todos los parámetros cuantificados, excepto para el

índice de feofitización (Tablas 1 y 2). El contenido de pigmentos fue superior en líquenes trasplantados al sitio B6, el cual está ubicado sobre una avenida muy transitada en la zona alta de la ciudad (Tabla 1). Otros autores han observado elevados contenido de pigmentos en sitios urbanos con alto nivel de tránsito (Carreras et al., 1998; Carreras y Pignata, 2001), lo cual se atribuye al efecto fertilizante de algunos polutantes atmosféricos sobre el líquen (Nash, 1976; Kauppi, 1980; Von Arb y Brunold, 1990). El sitio E4, donde se registró el menor contenido de pigmentos en los talos trasplantados, está ubicado en el Parque Adán Quiroga, un amplio espacio verde usado para recreación.

El cociente  $\text{Clor. } b/\text{Clor. } a$  (Tabla 2) es un parámetro ampliamente utilizado para determinar estrés en líquenes producido por polutantes atmosféricos (Carreras et al., 1998; González et al., 2003; Palomeque et al., 2007; Mohaded Aybar et al., 2008). En *C. consors*, se observó un mayor nivel de estrés (elevado valor de este índice) en talos trasplantados al sitio G5, ubicado en proximidades de la avenida Acosta Villafañe (ruta provincial n° 33) y del Matadero Municipal. Es ésta una zona de asentamientos informales con viviendas precarias a la vera del río del Valle, donde es continua la quema de basura y el uso de leña como combustible de uso doméstico. Córdoba et al. (2012) reportaron un resultado similar para este sitio cuando emplearon *P. austrosinense* como biomonitor en SFV Catamarca, atribuyéndolo al efecto combinado de polutantes urbanos y condiciones de humedad atmosférica sobre el líquen en este sitio.

Con relación al contenido de MDA de los talos, los valores extremos correspondieron a aquéllos trasplantados al Parque Adán Quiroga (E4) y al sitio D5 ubicado en una arteria muy transitada del microcentro de la ciudad (menor y mayor concentración, respectivamente). MDA es un producto de peroxidación de lípidos de membrana, cuyo aumento se atribuye al efecto citotóxico producido por algunos polutantes del aire. Por ello, es un compuesto utilizado como biomarcador de este tipo de estrés en líquenes (González y Pignata, 1994; González et al., 1996; Mohaded Aybar et al., 2008). En general, el contenido de MDA en *C. consors* mostró poca variabilidad entre sitios de trasplante. Algo similar se observó respecto a azufre, cuya concentración si bien fue significativamente superior en el sitio I2, no mostró variaciones inter-sitios de relevancia.

Tabla 1. Concentración de pigmentos (Media  $\pm$  D.S. en mg/g P.S.) en *C. consors* trasplantada a SFV Catamarca. Los valores seguidos de una misma letra no difieren a un  $p < 0,05$  (Test de Tukey).

Sitios	Clor. <i>a</i>	Clor. <i>b</i>	Clor. Total	Feof. <i>a</i>	Feof. <i>b</i>	Feof. Total
C3	0,40 $\pm$ 0,03ab	0,17 $\pm$ 0,01abcd	0,58 $\pm$ 0,03ab	0,69 $\pm$ 0,04ab	0,29 $\pm$ 0,01ab	0,99 $\pm$ 0,06abc
A4	0,45 $\pm$ 0,10bc	0,20 $\pm$ 0,04cd	0,65 $\pm$ 0,14bc	0,78 $\pm$ 0,18bc	0,29 $\pm$ 0,07ab	1,07 $\pm$ 0,25bc
E4	0,27 $\pm$ 0,01a	0,12 $\pm$ 0,02a	0,39 $\pm$ 0,03a	0,48 $\pm$ 0,02a	0,19 $\pm$ 0,02a	0,67 $\pm$ 0,04a
F4	0,35 $\pm$ 0,04ab	0,13 $\pm$ 0,01ab	0,48 $\pm$ 0,05ab	0,59 $\pm$ 0,06ab	0,22 $\pm$ 0,02a	0,81 $\pm$ 0,08ab
H4	0,41 $\pm$ 0,04ab	0,17 $\pm$ 0,02abcd	0,57 $\pm$ 0,06ab	0,70 $\pm$ 0,08ab	0,26 $\pm$ 0,03ab	0,97 $\pm$ 0,11ab
I2	0,45 $\pm$ 0,06bc	0,16 $\pm$ 0,02abc	0,61 $\pm$ 0,08abc	0,78 $\pm$ 0,09bc	0,26 $\pm$ 0,03ab	1,04 $\pm$ 0,11abc
D5	0,45 $\pm$ 0,40bc	0,19 $\pm$ 0,02bcd	0,64 $\pm$ 0,06bc	0,77 $\pm$ 0,07abc	0,28 $\pm$ 0,02ab	1,05 $\pm$ 0,09abc
E5	0,43 $\pm$ 0,06ab	0,15 $\pm$ 0,02abc	0,58 $\pm$ 0,07ab	0,75 $\pm$ 0,09ab	0,24 $\pm$ 0,02ab	0,99 $\pm$ 0,11abc
B6	0,61 $\pm$ 0,08c	0,22 $\pm$ 0,03d	0,84 $\pm$ 0,10c	1,05 $\pm$ 0,13c	0,32 $\pm$ 0,03c	1,38 $\pm$ 0,16c
C7	0,41 $\pm$ 0,10ab	0,17 $\pm$ 0,04abcd	0,58 $\pm$ 0,13ab	0,70 $\pm$ 0,18ab	0,26 $\pm$ 0,06ab	0,96 $\pm$ 0,24ab
B8	0,48 $\pm$ 0,04bc	0,12 $\pm$ 0,01a	0,59 $\pm$ 0,05ab	0,81 $\pm$ 0,08bc	0,27 $\pm$ 0,02ab	1,08 $\pm$ 0,10ab
G5	0,45 $\pm$ 0,03bc	0,21 $\pm$ 0,02cd	0,66 $\pm$ 0,04bc	0,79 $\pm$ 0,05bc	0,29 $\pm$ 0,02ab	1,08 $\pm$ 0,07bc
ANOVA	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,01$	$p < 0,001$

#### 4 CONCLUSIONES

A partir de los parámetros cuantificados se observó una cierta respuesta fisiológica de *C. consors* trasplantada a sitios con distintas condiciones ambientales, lo cual se evidenció más claramente a partir del contenido de pigmentos y del cociente Clor. *b*/Clor. *a*. Superiores concentraciones de pigmentos y MDA en sendos sitios muy transitados en la ciudad (avenida y calle del microcentro, respectivamente), así como

valores altos de Clor. *b*/Clor. *a* en el sitio G5, indicarían cierto grado de afectación de los talos expuestos a sitios considerados de baja calidad atmosférica. Por tanto, y como una primera aproximación, puede estimarse que *C. consors* es una especie plausible de ser utilizada como bioindicadora de calidad de aire urbano; debiéndose continuar con estudios que permitan establecer su grado de sensibilidad e identificar los parámetros que servirán como biomarcadores del efecto de polutantes en esta especie.

Tabla 2. Valores de Media  $\pm$  D.S. para los cocientes entre pigmentos, concentración de MDA ( $\mu\text{mol/g}$  P.S.) y azufre (mg/g P.S.) en *C. consors* trasplantada a SFV Catamarca. Los valores seguidos de una misma letra no difieren a un  $p < 0,05$  (Test de Tukey).

Sitio	Clor. <i>b</i> / Clor. <i>a</i>	Feo. <i>a</i> / Clor. <i>a</i>	MDA	S
C3	0,44 $\pm$ 0,01de	1,73 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01ab	1,55 $\pm$ 0,08ab
A4	0,44 $\pm$ 0,01de	1,73 $\pm$ 0,03	0,21 $\pm$ 0,02b	1,48 $\pm$ 0,18ab
E4	0,44 $\pm$ 0,05de	1,77 $\pm$ 0,08	0,19 $\pm$ 0,00a	1,39 $\pm$ 0,09ab
F4	0,37 $\pm$ 0,01bc	1,69 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,00ab	1,49 $\pm$ 0,09ab
H4	0,41 $\pm$ 0,01cd	1,73 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,01ab	1,54 $\pm$ 0,04ab
I2	0,36 $\pm$ 0,00bc	1,74 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,01b	1,71 $\pm$ 0,04b
D5	0,42 $\pm$ 0,01de	1,71 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,01b	1,53 $\pm$ 0,2ab
E5	0,35 $\pm$ 0,01b	1,75 $\pm$ 0,04	0,20 $\pm$ 0,00ab	1,58 $\pm$ 0,13ab
B6	0,37 $\pm$ 0,01bc	1,72 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,01ab	1,28 $\pm$ 0,06a
C7	0,43 $\pm$ 0,02de	1,73 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,00b	1,46 $\pm$ 0,07ab
B8	0,24 $\pm$ 0,01a	1,71 $\pm$ 0,04	0,21 $\pm$ 0,00ab	1,53 $\pm$ 0,05ab
G5	0,46 $\pm$ 0,01e	1,74 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01ab	1,40 $\pm$ 0,190ab
ANOVA	$p < 0,001$	n.s.	$p < 0,01$	$p < 0,05$

## 5 REFERENCIAS

- Ahmadjian, V., *The Lichen Symbiosis*, John Wiley & Sons, New York, 1993.
- Cabrera, A.L., Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería*, ACME, Buenos Aires, 1976.
- Calvelo, S., Bacallá, N., Arribére, M.A., Ribeiro Guevara, S. & D. Bubach, Concentrations of biological relevant elements of foliose and fruticose lichens from Nahuel Huapi National Park (Patagonia), analyzed by INAA, *Sauteria* 9, 87-95, 1998.
- Cañas, M.S., Orellana, L. & M.L. Pignata, Chemical response of the lichens *Parmotrema austrosinense* and *P. conferendum* transplanted to urban and non-polluted environments, *Annales Botanici Fennici* 34, 27-34, 1997.
- Cañas, M.S. & M.L. Pignata, Temporal variation of pigments and peroxidation products in the lichen *Parmotrema uruguense* (Krempelh.) Hale transplanted to urban and non-polluted environments, *Symbiosis* 24, 147-162, 1998.
- Carreras, H.A. & M.L. Pignata, Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen *Usnea amblyoclada*, *Environmental Pollution* 111, 45-52, 2001.
- Carreras, H.A., Gudiño, G.L. & M.L. Pignata, Comparative biomonitoring of atmospheric quality in five zones of Córdoba city (Argentina) employing the transplanted lichen *Usnea* sp., *Environmental Pollution* 103, 317-325, 1998.
- Carreras, H.A., Wannaz, E.D., Pérez, C.A. & M.L. Pignata, The role of urban air pollutants on the performance of heavy metal accumulation in *Usnea amblyoclada*, *Environmental Research* 97, 50-57, 2005.
- Córdoba, K.S., Ocampo, A.I., Moyano, R.G. & M.S. Cañas, Análisis del contenido de ácido lecanórico y pigmentos fotosintéticos en líquenes trasplantados a San Fernando del Valle de Catamarca, *Producciones Científicas de la Facultad de Tecnología III*, Editorial Científica Universitaria UNCa, 87-94, 2012.
- Garty, J. & J. Hagemeyer, Heavy metals in the lichen *Ramalina duriaei* transplanted at biomonitoring stations in the region of a coal-fired plant in Israel after 3 years of operation, *Water, Air and Soil Pollution* 38, 311-323, 1988.
- Garty, J., Ronen, R. & M. Galun, Correlation between chlorophyll degradation and the amount of some elements in the lichen *Ramalina duriaei* (De Not.) Jatta, *Environmental and Experimental Botany* 25, 67-74, 1985.
- Garty, J., Kauppi, M. & A. Kauppi, Accumulation of air elements from vehicles in transplanted lichens in urban sites, *Journal of Environmental Quality* 25, 265-272, 1996.
- González, C.M. & M.L. Pignata, The influence of air pollution on soluble proteins, chlorophyll degradation, MDA, sulphur and amounts of heavy metals in a transplanted lichen, *Chemistry and Ecology* 9, 105-113, 1994.
- González, C.M. & M.L. Pignata, Effect of pollutants emitted by different urban-industrial sources on the chemical response of the transplanted *Ramalina ecklonii* (Spreng.) Mey. & Flot., *Toxicological and Environmental Chemistry* 69, 61-73, 1999.
- González, C.M., Casanovas, S.S. & M.L. Pignata, Biomonitoring of air pollution in Córdoba, Argentina employing *Ramalina ecklonii* (Spreng.) Mey. and Flott., *Environmental Pollution* 91, 269-277, 1996.
- González, C.M., Pignata, M.L. & L. Orellana, Applications of redundancy analysis for the detection of chemical response patterns to air pollution in lichen, *The Science of the Total Environment* 312, 245-253, 2003.
- Gries, C., Lichens as indicators of air pollution, *Lichen Biology*. T. H. Nash III, Cambridge University Press, 240-254, 1996.
- Henriksson, E. & L. C. Pearson, Nitrogen fixation rate and chlorophyll content of lichen *Peltigera canina* exposed to sulphur dioxide, *American Journal of Botany* 68, 680-684, 1981.
- Kardish, N., Ronen, R., Bublick, P. & J. Garty, The influence of air pollution on the level of ATP and on chlorophyll degradation in the lichen *Ramalina duriaei* (De Not.) Bagl, *New Phytologist* 106, 697-706, 1987.
- Kauppi, M., Fluorescence microscopy and microfluorometry for the examination of pollution damage in lichens, *Annales Botanici Fennici* 17, 163-173, 1980.
- Levin, A.G. & M.L. Pignata, *Ramalina ecklonii* as bioindicator of atmospheric pollution in Argentina. *Canadian Journal of Botany* 73, 1196-1202, 1995.
- Mohaded Aybar C.B., Ocampo, A.I., Villegas, R.L. & M.S. Cañas, Comparación de la respuesta química de dos especies líquénicas trasplantadas a la región minera del oeste de Catamarca. En: *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, Editorial Científica Universitaria UNCa, Tomo I, III-71-75, 2008.
- Mohaded Aybar, C.B., Ocampo, A.I., Palomeque, L.I. & M.S. Cañas, Determinación del contenido de azufre y un índice de polución en dos especies líquénicas trasplantadas a la región minera del oeste de Catamarca. En: *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, Editorial EUNSa – EdiUNJu, 201-205, 2010.

- Morello, J., Sancholuz, L. & C. Blanco, Estudio macroecológico de los Llanos de la Rioja, *IDIA* 34, 242-248, 1977.
- Morlans, M.C., Regiones naturales de Catamarca: Provincias Geológicas y Provincias Fitogeográficas, *Revista de Ciencia y Técnica UNCa* 2(2), 1-42, 1995.
- Nash III, T.H. Sensitivity of lichens to sulfur dioxide, *Bryologist* 76, 333-339, 1973.
- Nash III, T.H., Sensitivity of lichens to NO<sub>2</sub> fumigations, *The Bryologist* 79, 103-106, 1976.
- Ocampo, A.I., Jasan, R.C., Mohaded Aybar, C.B., Moyano, R.G., Córdoba, S.K., Plá, R. R. & M.S. Cañas, Relación entre el nivel de tránsito vehicular y el contenido de elementos traza en líquenes transplantados al área central de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. En: *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, Editorial Científica Universitaria UNCa, Tomo 1, 557-564, 2011a.
- Ocampo A.I., Mohaded Aybar, C.B., Moyano, R.G., Álvarez, V.A., Acosta, W.D. & M.S. Cañas, Análisis de la respuesta fisiológica de *Parmotrema austrosinense* transplantada al área central de San Fernando del Valle de Catamarca, *Actas del 7° Encuentro del "International Center of Earth Sciences" (E-ICES 7)*, Malargüe, Argentina, 2011b.
- Palomeque L.I., Jasan, R.C., Ocampo, A.I., Mohaded Aybar, C.B., Fuentes, G.C., Moyano, R.G., Plá, R.R. & M.S. Cañas, Análisis preliminar de las respuestas química y fisiológica de *P. austrosinense* transplantada a un área del oeste catamarqueño. En: *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, Editorial ECO UNT, VI-41-46, 2007.
- Palomeque, L.I., Mohaded Aybar, C.B., Ocampo, A.I., Severini, P. & M.S. Cañas, Evaluación de la calidad de aire en un sector del departamento Belén (Catamarca) mediante el empleo de *Parmotrema austrosinense* como biomonitora. En: *Investigaciones Docentes en Ingeniería*, Editorial Sarquís, 189-192, 2006.
- Pignata, M.L., Studies on lichens and atmospheric pollution in Argentina. En: *Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications*, M.P. Marcelli & M.R.D. Seaward, eds., CETESB, São Paulo, 155-164, 1998.
- Rao, D.N. & F. Le Blanc, Effects of sulfur dioxide on the lichen algae, with special reference to chlorophyll, *Bryologist* 69, 69-75, 1965.
- Richardson, D.H.S. & E. Nieboer, Ecophysiological responses of lichens to sulphur dioxide, *Journal of Hattori Botanical Laboratory* 54, 331-351, 1983.
- Ronen, R. & M. Galun, Pigment extraction from lichens with dimethyl sulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation, *Environmental and Experimental Botany* 24, 234-245, 1984.
- Terron Alfonso, A. & E. Barreno Rodríguez, Estimation of air pollution in the area of influence of the coal power station at La Robla (León, Northwest Spain) using epiphytic lichens as bioindicators, *Cryptogamie, Bryologie et Lichénologie* 15, 135-151, 1994.
- Von Arb, C. & C. Brunold, Lichen physiology and air pollution: I. Physiological responses of in situ *Parmelia sulcata* among air pollution zones within Biel, Switzerland, *Canadian Journal of Botany* 68, 35-42, 1990.