

Identificación de cianobacterias en suelos de la región noreste de la provincia de Córdoba, Argentina

Díaz, C., Fernández Belmonte, M. C., Vettorello, C. I. y Apezteguía, H. P.

DOI: 10.31047/1668.298x.v39.n2.34491

RESUMEN

La expansión de la frontera agrícola ocasiona pérdidas de biodiversidad y de recursos genéticos nativos, afectando la sustentabilidad del ecosistema. Se considera que la presencia y la diversidad de cianobacterias son bioindicadores sensibles al cambio en el uso de los suelos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar las comunidades de cianobacterias presentes en suelos del noreste de la provincia de Córdoba, comparando suelos con pasturas implantadas y en condiciones prístinas. Se tomaron muestras de suelo en tres localidades, en ambientes con distintos niveles de salinidad: leve, moderado y salino. Las muestras se cultivaron en medio Watanabe, en condiciones controladas para favorecer el crecimiento de las cianobacterias. Se lograron identificar las especies de cianobacterias presentes en cada sitio, observando una dominancia de fijadoras de nitrógeno heterocistadas en los suelos con mayor salinidad. A su vez, en los tres montes de cada sitio se observó mayor riqueza de especies. Las más sensibles al cambio en el uso del suelo fueron *Oscillatoria limosa* y *Phormidium constricta*. Las cianobacterias constituyen una futura línea de investigación relacionada a la restauración y recuperación productiva de ambientes salinos, dentro de una propuesta que contribuya a favorecer la biodiversidad del suelo.

Palabras clave: suelos salinos, sustentabilidad, recuperación biológica

Díaz, C., Fernández Belmonte, M. C., Vettorello, C. I. and Apezteguía, H. P. (2022). Identification of cyanobacteria in soils of the northeast region of the province of Córdoba, Argentina. *Agriscientia* 39 (2): 57-64

SUMMARY

The expansion of the agricultural frontier causes losses of biodiversity and native genetic resources, affecting the sustainability of the ecosystem. The presence and diversity of cyanobacteria are considered to be bioindicators sensitive to land use change. The objective of this work was to characterize the communities of cyanobacteria present in the soils in the northeast of the province of Córdoba, comparing soils with implanted pastures and in pristine

conditions. Soil samples were taken in three locations, in environments with different levels of salinity: mild, moderate and saline. The samples were cultured in Watanabe medium, under controlled conditions to promote the growth of cyanobacteria. An Olympus BX 50 optical microscope was used for taxonomic identification. It was possible to identify the species of cyanobacteria present at each site, observing a dominance of heterocyst nitrogen fixators in soils with higher salinity. In turn, in the three native forests present at each site, greater species richness was observed. The most sensitive to the change in land use being *Oscillatoria limosa* and *Phormidium constricta*. Cyanobacteria constitute a future line of research related to the restoration and productive recovery of saline environments, under the focus of sustaining biodiversity.

Keywords: saline soils, sustainability, biological recovery

C. C. Díaz (ORCID: 0000-0001-8264-9257), C. I. Vettorello (ORCID: 0000-0001-5936-4325) y H. P. Apezteguía (ORCID: 0000-0003-3257-3180): Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina. M. C. Fernández Belmonte (ORCID: 0000-0001-9318-2293): Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, San Luis, Argentina.

Correspondencia a: caroladiaz@agro.unc.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En el suelo se encuentra la cuarta parte de la biodiversidad total del planeta. Miles de especies habitan estos ecosistemas y componen una red de variabilidad genética de la que depende la producción alimentaria mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016). En efecto, factores de estrés ambiental generan alteraciones en la composición de las comunidades, pudiendo afectar a la estructura y el funcionamiento de todo el ecosistema (Wong, 2000; Campanella et al., 2001; Verdisson et al., 2001). De esta forma, una mayor biodiversidad en el suelo otorgará mayor resistencia y resiliencia favoreciendo el equilibrio y la estabilidad sustentable del ecosistema (Brussaard et al., 2007).

En la región noreste (NE) de la provincia de Córdoba, la frontera agrícola se ha ido expandiendo, incorporando tierras con altas limitaciones edáficas y climáticas. Este proceso, iniciado en el siglo XIX y que continúa en la actualidad, ocasiona pérdidas de biodiversidad y de recursos genéticos nativos (Brown et al., 2006; Clausen et al., 2008). En este sentido, se comprende que es esencial su estudio para mantener la sustentabilidad de estos ambientes frágiles.

El nivel de degradación del suelo puede ser

medido a través de índices y de propiedades indicadoras sensibles a los cambios funcionales en los primeros 20 cm de suelo mineral (Gili et al., 2004). Actualmente, existe un interés especial por identificar los mejores indicadores de calidad y salud del suelo. Se ha evidenciado que los indicadores biológicos son muy sensibles al estrés ambiental y al deterioro que este ocasiona (Trasar-Cepeda et al., 1998). Otros indicadores utilizados, tales como niveles de materia orgánica, varían lentamente y puede requerir varios años identificar variaciones a causa de la acción del hombre sobre el uso del suelo.

Entre los indicadores biológicos encontramos a las cianobacterias. Estas son microorganismos procariontes, caracterizadas por conjugar el proceso de la fotosíntesis oxigénica con una estructura celular típicamente bacteriana (Corrales Morales et al., 2017). Se pueden encontrar en variadas morfologías: unicelulares, filamentosas o colonias. La mayoría de las cianobacterias fijan nitrógeno atmosférico en células vegetativas en anaerobiosis; y un grupo más restringido, las cianobacterias heterocistadas, realizan esta función en unas células especializadas (heterocistos), que les permiten fijar nitrógeno aún en condiciones de aerobiosis (Callejas, 2007).

Las cianobacterias presentan la particularidad de adaptarse a diversos ambientes: terrestres,

de agua dulce o marina. Algunas presentan una resistencia especial para adaptarse a condiciones extremas, tales como salinidad, temperaturas elevadas o muy bajas (Corrales Morales et al., 2017). Tienen la capacidad de formar estructuras especiales, como los acinetos, que son células que se vuelven más grandes y con paredes más gruesas, producidos por algunas cianobacterias heterocistadas ante condiciones de estrés como estructura de resistencia (Limona et al., 1985). Otra estructura especial son los hormogonios, los cuales constituyen filamentos cortos móviles de células formadas durante la reproducción asexual de algunas especies de cianobacterias.

Además, estos microorganismos favorecen la cementación de las partículas del suelo y la retención de agua, ya que presentan una vaina mucilaginoso que rodea los filamentos algales, contribuyendo a la formación de agregados (Manrique et al., 2017). De esta forma, adquieren un papel importante en la formación y recuperación de suelos con escasa cobertura vegetal, favoreciendo una mejor estabilización del suelo (Fernández Belmonte et al., 2008).

La presencia de determinados taxones y los cambios en sus poblaciones proporcionan información acerca de las características del ambiente y de las condiciones en que se encuentra (Mariona Hernández, 1999).

Hasta el momento, en el NE de la provincia de Córdoba no existen antecedentes específicos sobre estudios de diversidad de cianobacterias edáficas en ambientes salinos. En función de lo planteado, se considera que la presencia

y diversidad de cianobacterias en suelos halomórficos son bioindicadores sensibles al cambio en el uso de estos suelos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar las comunidades de cianobacterias presentes en suelos de la región NE de la provincia de Córdoba con distintos niveles de salinidad y con diferentes coberturas, comparando suelos con pasturas implantadas y en condiciones prístinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio está comprendida dentro del departamento de Río Primero, sobre el ambiente geomorfológico Pampa loésica plana, al NE de la provincia de Córdoba y cercano a las márgenes suroeste de la laguna Mar Chiquita (Figura 1). En este ambiente, el relieve es muy suave, con gradientes regionales hacia el Este que no superan el 0,3%, donde los materiales originarios predominantes están constituidos por potentes depósitos eólicos de textura franco limosa (Zamora, 2012).

Tabla 1. Coordenadas y localidades cercanas a los sitios de muestreo

Sitio de muestreo	Localidad más cercana	Coordenadas
Levemente salino	Villa Fontana	31° 00' 28,88" S - 63° 05' 55,98" O
Moderadamente salino	Balnearia	31° 00' 17,82" S - 62° 42' 15,96" O
Salino	Miramar	30° 53' 05,80" S - 62° 38' 20,67" O

La región posee un clima semiárido con un



Figura 1. Área de estudio

Sitios de muestreo. LS: levemente salino; MS: moderadamente salino; S: salino.

rango de precipitación media anual que oscila entre los 600-900 mm, prevaleciendo el déficit hídrico. Las precipitaciones se concentran en el período primavera-estival y los inviernos son secos y fríos, configurando un régimen de lluvia de tipo monzónico. Los vientos en la zona son significativos, ya que suelen alcanzar gran intensidad, acelerando la evaporación del agua de la laguna y de los suelos (Jarsún et al., 2006).

Se tomaron muestras en tres localidades, donde cada una se corresponde con una determinada salinidad del suelo: levemente salino (LS), moderadamente salino (MS) y salino (S) (Tabla 1). Los suelos muestreados corresponden a Haplustol típico, Argiustol típico y Natrustol (Soil Survey Staff, 2014). El más extremo en cuanto a salinidad es S (1 a 30 dS.m⁻¹ según profundidad), con presencia de alto contenido de sodio (>15 PSI) en algunos casos; mientras que MS presenta niveles moderados de salinidad (2 a 4 dS.m⁻¹) y LS niveles leves (0 a 2 dS.m⁻¹). En cada localidad, se identificó el monte nativo (G0) y tres grados de cobertura vegetal: pastura implantada con crecimiento normal (G1), manchón con pastura implantada de menor crecimiento (G2) y manchón de suelo desnudo o con mínima presencia de vegetación (G3). Se identificaron 12 sitios que fueron analizados y caracterizados con distintos parámetros químicos y físicos (Tabla 2) (Díaz y Apezteguía, 2018).

Se extrajeron muestras de suelo compuestas de 10 submuestras, con pala manual a una

profundidad de 5 cm, realizando tres repeticiones por sitio de muestreo. Las muestras obtenidas de aproximadamente 1 kilo fueron colocadas en bolsas plásticas correctamente etiquetadas. Se realizó un cultivo con cada muestra para favorecer el crecimiento de las cianobacterias, poder aislarlas y observarlas por microscopio para su identificación. El cultivo se realizó en cajas de Petri, colocando 10 g de suelo seco sin tamizar con 20 ml de medio de cultivo Watanabe (Watanabe y Watanabe, 1959). Luego las cajas de Petri fueron colocadas cerradas en cámara de cultivo en condiciones controladas de temperaturas, entre 20 y 35 °C y fotoperíodo de 12 h de luz y 12 h de oscuridad. Se realizó la identificación taxonómica de las cianobacterias durante el período de crecimiento de los cultivos, el cual tuvo una duración de 120 días; tiempo en el cual se logró un crecimiento homogéneo de cianobacterias en cada muestra. Se utilizó un microscopio óptico Olympus BX 50 con tubo de dibujo y cámara fotográfica, siguiendo el procedimiento sugerido por los autores Desikachary (1959), Kömárek et al. (2013), Kömárek et al. (2014), y Hauer y Kömárek (2022).

De cada especie identificada se tomaron medidas de los siguientes parámetros: longitud total del filamento, ancho y longitud de las células vegetativas, dimensiones y morfología de las células terminales, presencia o ausencia de vaina, heterocistos, u otras estructuras especiales.

Tabla 2. Principales parámetros físicos y químicos de los suelos en los sitios estudiados

Grado de cobertura	Levemente salino				Moderad. Salino				Salino			
	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3
CE (dS.m ⁻¹)	1,6	0,9	1,7	2,2	1,1	2,5	2,3	4,1	2,3	5,9	6,8	25,1
pH	5,1	5,8	5,8	5,4	6,1	5,8	5,8	5,8	6,4	6,2	6,4	7,2
PSI (%)	0,45	0,58	0,49	0,49	0,62	0,44	0,45	0,55	2,33	2,12	4,50	23,4
MO (%)	3,04	2,46	2,03	2,23	3,94	2,33	2,16	1,89	3,07	2,46	2,92	0,53
Dap (g. cm-3)	0,92	1,19	1,23	1,30	0,88	1,25	1,47	1,29	0,97	1,09	1,21	1,50

Grados de cobertura del suelo. G0: monte; G1: pastura implantada con crecimiento normal; G2: manchón con pastura implantada de menor crecimiento; G3: suelo desnudo o con mínima presencia de vegetación; CE: extracto de saturación; pH: potenciometría; PSI: cálculo; MO: materia orgánica; Walkley Black; Dap: cilindro de Kopecki.

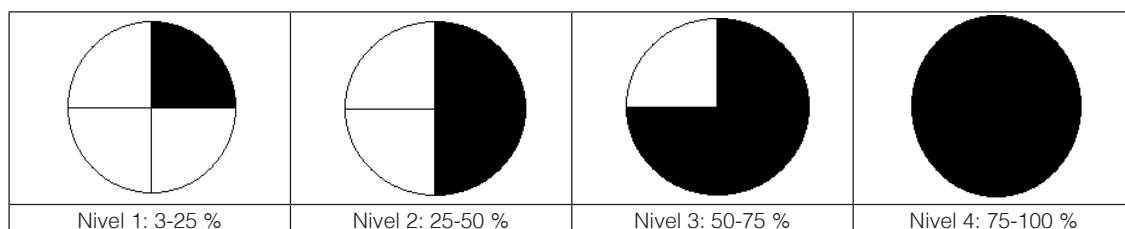


Figura 2. Niveles de ocupación del campo visual del microscopio

Se cuantificó la presencia de cada especie mediante la adaptación de una metodología específica para el análisis de preparados de cianobacterias con microscopio óptico (Sueldo, 2017). Esta metodología se basa en el recuento del porcentaje de ocupación de cianobacterias en el campo visual del microscopio, por lo cual se establecieron cuatro niveles, como se muestra en el siguiente esquema (Figura 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron dos especies del género *Phormidium*, una especie del género *Leptolyngbya*, dos especies del género *Oscillatoria* y una especie del género *Nostoc*. Estos cuatro géneros coinciden con los encontrados por Schinquel et al. (2018) en un relicto de monte ubicado en el departamento Colón de la provincia de Córdoba. Por otra parte, los taxones *Nostoc commune* y *Leptolyngbya tenuis* (ex *Phormidium tenuis*) fueron identificados también por Fernández Belmonte y Polizzoto (2006) y Manrique et al. (2017) en suelos de la provincia de San Luis. Dentro de las estructuras especiales, se identificaron hormogonios asociados a los géneros *Oscillatoria* y *Phormidium*, y acinetos en las muestras del ambiente S, asociados al género *Nostoc c.* con heterocistos.

EnLSyMS(G1, G2yG3), se encontró dominancia de los géneros *Oscillatoria* y *Phormidium*, los cuales no poseen heterocistos; por lo que son no fijadoras en condiciones aeróbicas. La especie *Nostoc c.* fijadora de nitrógeno en condiciones de aerobiosis se encontró en el monte del sitio MS.

Por su parte, en S (G0, G1 y G3) y en el monte de MS, se encontraron ejemplares del género *Nostoc*, con presencia de heterocistos y acinetos, fijadoras de nitrógeno en condiciones de aerobiosis (Tabla 3).

Se observan los filamentos de tres especies

identificadas y estructuras especiales en fotomicrografías relevantes tomadas durante la identificación de especies, donde se detallan las medidas morfométricas de cada una (Figura 3).

Para hacer una descripción global de los sitios de muestreo en función de las especies de cianobacterias identificadas, se realizó un Análisis de Componentes Principales utilizando el software InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al, 2020). Este análisis reemplaza las variables originales por su combinación lineal y las denomina Componentes Principales (CP), lo cual permite identificar cuáles contribuyen en mayor medida a explicar la variabilidad observada (Abdi y Williams, 2010). En el gráfico obtenido, se observan los distintos vectores que representan a cada especie identificada, la distancia al origen y su dirección (ángulo con respecto al eje) son indicativos de su contribución al ordenamiento. Los vectores correspondientes a *Phormidium f.* y *Nostoc c.* sin heterocistos son los que participan con mayor peso en la construcción de la CP1, la cual explica un porcentaje de variación de 32,6%. Por otro lado, el vector correspondiente a *Oscillatoria a.* es el que tiene mayor peso sobre la CP2; que, en conjunto con la CP1, explican un total de 54% de la variación total. Finalmente, *Nostoc c. s/h* posee la menor contribución a la variabilidad, lo que se puede apreciar por la estrecha extensión de su vector (Figura 4).

El análisis del ordenamiento de los vectores en el gráfico nos permite identificar relaciones de correlación entre las variables. La presencia de las especies *Phormidium f.* y *Nostoc c. c/h* están correlacionadas positivamente entre sí y agrupan a tres sitios de muestreo: LS:G2, S:G1 y S:G3; mientras que se correlacionan negativamente con *Nostoc c. s/h* y *Leptolyngbya t.*, respectivamente. También, existe correlación inversa entre *Phormidium c.* y *Oscillatoria l.*

Tabla 3. Presencia de cada especie en los distintos sitios

Género y especie	Levemente salino				Moderadamente salino				Salino			
	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3
<i>Oscillatoria animalis</i>	4	2	2	1	4	4	3	1	3	2	4	2
<i>Oscillatoria limosa</i>		1		3	2	2			1			
<i>Nostoc commune s/h</i>					1			2	4			
<i>Nostoc commune c/h</i>					1			1		2		3
<i>Phormidium constricta</i>	1		1			2	1	1	1	2	2	1
<i>Phormidium fragile</i>	1		2		1	2		1		3		1
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	1			1	2		4		2		1	1

Grados de cobertura del suelo. G0: monte; G1: pastura implantada con crecimiento normal; G2: manchón con pastura implantada de menor crecimiento; G3: suelo desnudo o con mínima presencia de vegetación. Porcentajes de ocupación del campo visual del microscopio: 1 = 5-25%; 2 = 25-50%; 3 = 50-75%; y 4 = 75-100%. s/h, c/h; sin/con heterocisto.

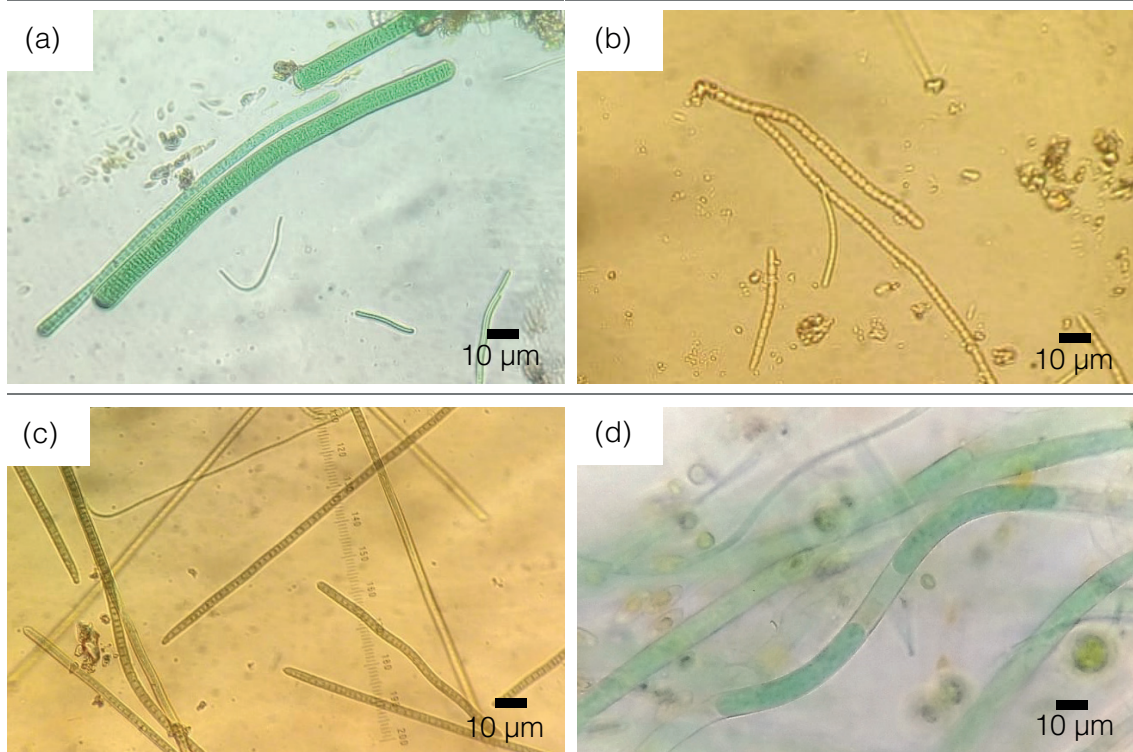


Figura 3. Especies identificadas y estructuras especiales

Escala 10 µm. (a) *Oscillatoria limosa*: dimensiones: células: largo 3-4 µm, ancho 10-14 µm. (b) *Nostoc commune*, sin heterocistos: dimensiones: células: largo 1 µm, ancho 2 µm. (c) *Leptolyngbya tenuis*: dimensiones: células: largo 2,3 µm, ancho 1,8 µm. (d) *Oscillatoria*: tricomas y hormogonios de puntas redondeadas, dimensiones: células: largo 11-12 µm, ancho 9 µm.

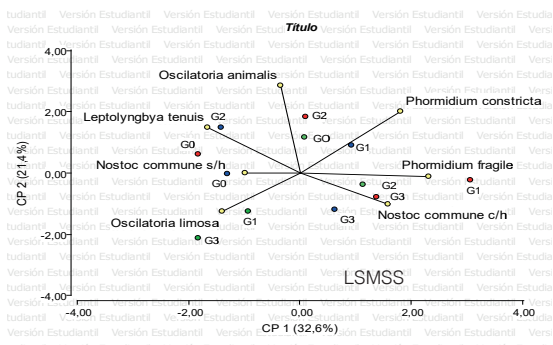


Figura 4. Análisis de componentes principales

Sitios. LS: levemente salino; MS: moderadamente salino; S: salino. Grados de cobertura del suelo. GO: monte; G1: pastura implantada con crecimiento normal; G2: manchón con pastura implantada de menor crecimiento; G3: suelo desnudo o con mínima presencia de vegetación.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado aporta información valiosa sobre la presencia de cianobacterias edáficas de la provincia de Córdoba. Se lograron identificar las especies de cianobacterias presentes en cada

sitio, observando dominancia de una especie heterocistada fijadora de nitrógeno en los suelos con mayor concentración de sales solubles. A su vez, en los tres montes muestreados se observó mayor riqueza de especies de cianobacterias en comparación con lotes con pasturas, siendo las especies más sensibles al cambio en el uso del suelo *Oscillatoria l.* y *Phormidium c.*

La identificación de la dominancia de cianobacterias heterocistadas en suelos salinos adquiere importancia debido a que estas tienen la capacidad de adaptarse a factores de estrés. Por lo que, además de ayudar en la estructura del suelo, permiten la fijación de nitrógeno atmosférico en condiciones de aerobiosis. Estas características reflejan su potencial biotecnológico y proyecta una futura línea de investigación relacionada a la restauración y recuperación productiva de ambientes salinos, dentro de un enfoque de promoción de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de la

Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba. También al Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Luis, por su asesoramiento permanente; y al personal del Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, por su ayuda en la esterilización y conservación del medio de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdi, H. y Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews Computational Statistics*, 2(4), 433-459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>
- Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J. F. (Eds.). (2006). *La situación ambiental argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina. <https://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/bitstream/handle/123456789/441/laSituacionAmbientalArgentina2005.pdf?sequence=1>
- Brussaard, L., de Ruiter, P. C. y Brown, G. G. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121(3), 233-244. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.013>
- Campanella, L., Cubadda, F., Sammartino, M. P. y Saoncella, A. (2001). An algal biosensor for the monitoring of water toxicity in estuarine environments. *Water Research*, 35(1), 69-76. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00223-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00223-2)
- Clausen, A. M., Ferrer, M. E. y Formica, M. B. (2008). Situación de los recursos fitogenéticos en la Argentina. *II Informe Nacional 1996-2006*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- Callejas, M. C. (2007). *Metabolismo del nitrógeno en cianobacterias formadoras de heterocistos*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/19143>
- Corrales Morales, M., Villalobos, K., Rodríguez Rodríguez, A., Muñoz Simón, N. y Umaña-Castro, R. (2017). Identificación y caracterización molecular de cianobacterias tropicales de los géneros *Nostoc*, *Calothrix*, *Tolypothrix* y *Scytonema* (Nostocales: Nostocaceae), con posible potencial biotecnológico. *Cuadernos de Investigación UNED*, 9(2), 280-288. <https://doi.org/10.22458/urj.v9i2.1710>
- Desikachary, T. V. (1959). *Cyanophyta*. New Delhi, Indian Council of Agricultural Research. Botany Department, University of Madras.
- Díaz, C. C. y Apezteguía, H. P. (2018). *Variación intralote de propiedades físico-químicas en suelos halomórficos*. En G. A. Sanzano (Comp.), *Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. InfoStat (versión 2020) [Software]. Córdoba, Argentina: Centro de Transferencia InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Fernández Belmonte, M. C., Manrique, M., Martínez Carretero, A., Dalmaso, C., Carosio, A. y Andersen Junquera, M. J. (5-9 de mayo de 2008). *Relevamiento de la ficolora edáfica autóctona en la Reserva de Llanquanelo (Mendoza)*. En *Actas del XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo* (pp. 124-126). Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- Fernández Belmonte, M. C. y Polizzoto, J. (18-22 de septiembre de 2006). *Efecto de algas edáficas en la agregación de suelos en una zona cercana a Villa Mercedes*. En *Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- Gilli, P., Marando, G., Irisarri, J. y Sagardoy, M. (2004). Actividad biológica y enzimática en suelos afectados por sales del Alto Valle de Río Negro y Neuquén. *Revista Argentina de Microbiología*, 36(4), 187-192. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412004000400008&lng=es&nr_m=iso
- Hauer, T. y Komárek, J. (2022). *CyanoDB 2.0 - On-line database of cyanobacterial genera*. Word-wide electronic publication. University of South Bohemia & Institute of Botany Academy Sciences. <http://www.cyanodb.cz/>
- Jarsún, B., Gorgas, J. A., Zamora, E., Bosnero, H., Lovera, E., Ravelo, A. y Tassile, J. L. (2006). *Los Suelos*. Agencia Córdoba Ambiente. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Manfredi.
- Kömárek, J., Sant'Anna, C.L., Bohunická, M., Mareš, J., Hentschke, G.S., Rigonato, J. y Fiore, M. F. (2013). Phenotype diversity and phylogeny of selected *Scytonema*-species (Cyanoprokaryota) from SE Brazil. *Fottea, Olomouc*, 13(2), 173-200.
- Kömárek, J., Kaštovský, J., Mareš, J. y Johansen, J. R. (2014). Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) using a polyphasic approach. *Preslia*, 86(4), 295-235.
- Llimona, X., Ballesteros, E. y Brugués, M. (1985). *Plantes inferior. Historia Natural de les Països Catalans*. Enciclopedia Catalana, S. A.
- Manrique, M. A., Fernández, Belmonte M. C., Chiofalo,

- S. D., Carosio, M. C., Junqueras, M.J. y Sueldo, R. A. (4-6 de octubre de 2017). *Estudio de las biodermas en regiones áridas y semiáridas de la provincia de San Luis*. En *Actas de la V Reunión de la Red Argentina de Salinidad*. San Luis, Argentina.
- Mariona Hernández, M. (1999). Cianobacterias y algas de los suelos salobres del polígono Monegros II. *Manifiesto científico por los Monegros*. Sociedad Entomológica Aragonesa, Boletín N°24, 89-90.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Diversidad genética para un mundo sin hambre*. Cooperación internacional a través de la FAO. Cancún: México.
- Schinquel, V., Murialdo, R. y Daga, C. (2018). Cianobacterias edáficas en un relicto de monte nativo de la Provincia de Córdoba. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 5(1), 59-67.
- Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos* (12th ed.). Editorial USDA-Natural Resources Conservation Service.
- Sueldo, R. A. (2017). *Relevamiento de cianobacterias edáficas autóctonas en ambientes áridos-semiáridos y subhúmedos de la Región Pampeana Argentina*. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Luis. Villa Mercedes, Argentina.
- Trasar-Cepeda, C., Leirós, C., Gil-Sotres, F. y Seoane, S. (1998). Towards a biochemical quality index for soils: An expression relating several biological and biochemical properties. *Biology and Fertility of Soils*, 26(2), 100-106. <https://doi.org/10.1007/s003740050350>
- Verdisson, S., Couderchet, M. y Venet, G. (2001). Effects of procymidone, fludioxonil and pyrimethanil on two non target aquatic plants. *Chemosphere*. 44(3), 467-474. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00468-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00468-9)
- Watanabe, T. y Watanabe, M. (1959). Transduction of streptomycin resistance in *Salmonella typhimurium*. *Journal of General Microbiology*, 21(1), 16-29. <https://doi.org/10.1099/00221287-21-1-16>
- Wong, P. K. (2000). Effects of 2,4-D glyphosate and paraquat on growth, photosynthesis and chlorophyll-a synthesis of *Scenedesmus quadricauda* Berb614. *Chemosphere*, 41(1-2), 177-182. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00408-7](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00408-7)
- Zamora, E. (2012). *Estudios de suelos del área Noreste de la Provincia de Córdoba*. Ministerio de Agua, Ambiente y Energía. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.