

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE CIANOBACTERIAS EDÁFICAS EN UN SUELO CON MANEJO AGRÍCOLA DE CÓRDOBA – ARGENTINA

RAQUEL CARMEN MURIALDO*¹; MARIA CECILIA FERNÁNDEZ BELMONTE²;
INÉS CLAUDIA DAGA³; CLAUDIA GONZÁLEZ³; HUGO EDUARDO MURIALDO³

Recibido: 26/4/2019

Recibido con revisiones: 29/8/2019

Aceptado: 29/8/2019

RESUMEN

Las cianobacterias edáficas son importantes en los ecosistemas por su capacidad adaptativa, la participación en la formación y conservación del suelo y como fijadoras de nitrógeno. El objetivo fue analizar las comunidades desarrolladas en suelo agrícola comparando con las de bosque nativo. Del análisis resultó: en suelo de bosque nativo se identificaron 33 especies con dominancia del Orden Oscillatoriales y en el agrícola 21 especies, de las cuales 4 fueron exclusivas para este tipo de manejo. Las cianobacterias heterocistadas se diferenciaron de manera temprana o tardía, dependiendo si la comunidad desarrollada provenía de un suelo agrícola o nativo respectivamente.

Palabras claves: suelo – heterocistos – riqueza de especie

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF CYANOBACTERIA IN A SOIL WITH AGRICULTURAL MANAGEMENT OF CÓRDOBA – ARGENTINA

ABSTRACT

Edaphic cyanobacteria are important in ecosystems because of their high adaptive capacity, participation in soil formation and conservation and as nitrogen fixers. The objective was to analyze the communities developed in agricultural land compared with those of native forest. From the analysis, it was found: in native forest soil, 33 species with Oscillatorial Order domain were identified. In agriculture, 21 species were identified, of which 4 were exclusive for this type of management. The heterocysts cyanobacteria, differentiated early or late, depending on whether the developed community came from an agricultural or native soil respectively

Key words: soil – heterocytes – specific richness

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye uno de los principales hábitats de las cianobacterias (Lin *et al.*, 2013); Estos microorganismos son consideradas importantes debido a su ubicación en las redes alimentarias y especialmente por la función que desempeñan en el ciclaje de nutrientes esenciales (Zulpa *et al.*, 2008), así como por la fijación del nitrógeno (Muro–Pastor, 2014). La mayoría de los trabajos hacen referencia a las cianobacterias de agua pero el conocimiento específico sobre las ciano-

bacterias edáficas en nuestro país es escaso. Algunos estudios como los de Fernández Belmonte *et al.* (2008); Manrique *et al.* (2013) y Schinquel *et al.* (2018); proveen información sobre cianobacterias en distintos ambientes de Argentina, pero no existen antecedentes sobre el desarrollo de estas comunidades de microorganismos en los suelos agrícolas bajo siembra directa.

El objetivo del trabajo fue analizar la riqueza de especie las comunidades de cianobacterias

1 Universidad Nacional de Córdoba . Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

2 FICA – UNSL

3 FCEFyN – UNC

*Autora de contacto: raquelmurialdo@gmail.com

desarrolladas en suelo con manejo agrícola bajo siembra directa en relación a las desarrolladas en suelo de bosque nativo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Departamento Colón de la Provincia de Córdoba en una "parcela agrícola" (latitud 30°57'31,21"S y longitud 64° 01'49,33"O) y un área de "bosque nativo" (latitud 30°57'8.84"S y longitud 64° 1'55.52"O). El suelo analizado corresponde al tipo Argiustol típico (234 mg kg⁻¹ arcilla, 452 mg kg⁻¹ limo, 154 mg kg⁻¹ arena). La parcela agrícola pertenece a un establecimiento con 18 años de historia de producción de granos y semillas, bajo siembra directa, de *Zea mays* (L.), *Glycine max* (L.) Merr., *Sorghum sp*, *Cicer arietinum* (L.), *Triticum aestivum* (L.) y distintas variedades de porotos (*Phaseolus sp*, *Vigna sp*, etc). El estudio se realizó en período de barbecho (mayo de 2016 y a los 180 días del primer muestreo) con cultivo antecesor de *Zea mays* (L.).

Se realizaron 2 muestreos, en cada uno de los sitios se tomaron 3 muestras compuestas con barreno a una profundidad de 0-10 cm (de 5 submuestras) por triplicado lo que completó un total de 36 muestras; la distribución de los puntos de muestreos fue al azar. Para la caracterización físico-química del suelo se determinó: carbono orgánico (Nelson & Sommers, 1996), nitrógeno total (Bremner, 1996), nitrógeno de nitratos (Mulvaney, 1996), fósforo extractable (Bray & Kurtz, 1945), conductividad eléctrica (Sonda Field Scout. Mod. 2265FS), pH 1:2.5 por potenciometría (Thomas, 1996).

El estudio de la comunidad de cianobacterias, se realizó colocando 10 g de suelo en cajas de Petri esterilizadas. Cada caja se regó con 15 ml de medio líquido Watanabe (Watanabe, 1961) tapada y se cultivó en cámara de cultivo a temperatura de 28+/-2°C, con fotoperíodo de 12 hs luz y 12 hs oscuridad a intensidad de 4.500 a 5.000 luxes (Halperin *et al.*, 1973) durante 9 semanas. Para la identificación de las especies se utilizó un Microscopio LEICA DM500, con Adaptador AmScop para cámara Canon EOS T5i. Las especies se identificaron a partir de las características morfológicas y morfométrica. Para ello se considerará: dimensiones del filamento, tricoma, células vegetativas y heterocistos. También se observó morfología de las células terminales, heterocistos, colonias y presencia de ramificaciones o falsas ramificaciones. Contenido celular y coloración. Se emplearon claves de identificación específicos para cada grupo de cianobacterias (Komárek & Anagnostidis, 2005 y Komárek, 2013). El estudio de la riqueza específica y caracterización de la comunidad se llevó a cabo a partir del ordenamiento de los datos obtenidos en una matriz de incidencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Tabla 1** se muestran los valores de las variables físico – químicas del suelo, de los sitios evaluados al inicio del ensayo y a los 180 días del primer muestreo. Respecto a la disponibilidad del nitrógeno de nitratos se observó que el contenido de nitratos en bosque nativo es el doble al hallado en suelo agrícola.

En relación a la riqueza de especies (Tabla N°2) se identificaron ocho Familias y treinta y siete es-

Tabla 1. Valores medios y desvío estándar (σ) de las variables utilizadas para la caracterización del suelo.

Table 1. Mean values and standard deviation (σ) of the variables used for the characterization of the soil.

Suelo	CO (g/100g)	MO (g/100g)	Nt (g/100g)	N-NO ³ (mg Kg ⁻¹)	pH	CE (dS/m)
Agrícola*	1,93 +/- 0,11	3,33 +/- 0,19	0,24 +/- 0,01	17,25 +/- 1,35	6,56 +/- 0,10	1,66 +/- 0,07
B.Nativo*	2,51 +/- 0,23	4,14 +/- 0,19	0,31 +/- 0,03	39,34 +/- 1,15	6,93 +/- 0,13	1,66 +/- 0,09
Agrícola**	2,53 +/- 0,50	4,37 +/- 0,87	0,25 +/- 0,05	13,59 +/- 0,56	6,74 +/- 0,17	1,44 +/- 0,26
B.Nativo**	3,23 +/- 0,26	5,26 +/- 0,27	0,31 +/- 0,02	31,21 +/- 1,64	6,88 +/- 0,13	1,65 +/- 0,09

Nota: * inicio del ensayo

** 180 días del ensayo

pecies de cianobacterias: Coleofasciculaceae (1), Leptolyngbyaceae (5), Microcoleaceae (1), Oscillatoriaceae (18); Nostocaceae (9), Rivulariaceae (1), Sytonemataceae (1), Tolypothrichaceae (1).

El mayor número de especies se encontró en las muestras provenientes de suelo de bosque nativo con 33 especies, en tanto en las de suelo de manejo agrícola se identificaron 21 especies. Del análisis de la contribución relativa por Familia en las comunidades estudiadas, resultó que la Familia Oscillatoriaceae contribuyó con el 54,54 % de las especies en el suelo bosque nativo; mientras en suelo agrícola esta Familia representó al 23,80 %. La Familia Leptolyngbyaceae aportó el 15,15 % de las especies en suelo nativo y el 13,66 % en el de siembra directa. Por el contrario, las especies de las Familias del Orden Nostocales en suelo bajo siembra directa estuvieron mejor representadas (54,54 %): Nostocaceae aportó el 40,90 %; acompañada por Scytonemataceae (4,5 %), Rivulariaceae (4,5 %) y Tolypothrichaceae (4,5 %). Las Nostocales en suelo de bosque nativo aportó sólo el 24,24 % de las especies y todas pertenecientes a la Familia Nostocaceae.

El total de especies comunes resultó igual a 17. Se desarrollaron de manera exclusiva 16 especies en suelo de bosque nativo, mientras que en suelo agrícola se observaron 4 especies que se identificaron como: *Calothrix clavata*, *Scytonema bohneri*, *Tolypothrix tenuis*, *Nostoc calcicola*.

Para la misma región biogeográfica y con características edafoclimáticas similares Schinquel *et al.* (2018) en su trabajo de suelos de bosque nativo de la Provincia de Córdoba cita 24 especies de las cuales 12 se identifican en el suelo agrícola estudiado. En tanto Fernández Belmonte *et al.* (2009) menciona para ambientes salinos, específicamente Salinas del Bebedero (San Luis) un menor número de taxones (14 especies) de los géneros *Phormidium*, *Nostoc*, *Synechococcus*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Calothrix* y *Nodularia*. Manrique *et al.* (2013) en la Provincia de San Luis, en su trabajo sobre biodermas algales en suelos con uso ganadero, asocia la riqueza específica de cianobacterias a la distribución de cactáceas, identificando especies de los géneros *Phormidium*, *Anabaena*, *Calothrix*, *Chroococcus*, *Mastogocladus*, *Scytonema* y *Xenococcus*.

Del análisis de antecedentes realizado se desprende que constituyen nuevas citas para suelos de Córdoba las especies: *Leptolyngbya edaphica*, *L. foveolarum*, *L. maius*, *L. fragilis*, *L. tenuis*, *Microcoleus vaginatus*, *Lyngbya majuscula*, *L. confervoides*, *Oscillatoria anguinea*, *Phormidium breve*, *P. molle*, *Anabaena oryzae*, *A. variabilis*, *A. oscillarioides*, *Scytonema bohneri* y *Tolypothrix tenuis*.

Las cianobacterias *Lyngbya mayuscula* y *Lyngbya confervoides*, *Phormidium molle*, *P. Crouanii*, *P. chlorinum*, *P. corium*, *P. amoenum*, *P. retzii* y *Microcoleus vaginatus* desarrollaron una vaina mucilaginosa, firme y homogénea alrededor de sus tricomas; Fernández Belmonte *et al.* (2009) señala que esta estructura tiene como función la cementación de las partículas del suelo, contribuyendo a su mayor agregación.

Respecto al desarrollo de la comunidad de cianobacterias en el tiempo de cultivo, se observó diferencias en la sucesión de especies. En los suelos con manejo agrícola (concentración promedio de N-Nitrato igual a 13,59 mg kg⁻¹ en el inicio del ensayo y de 17,25 mg kg⁻¹ a los 180 días del ensayo) las especies de los géneros *Anabaena*, *Cylindrospermum*, *Nostoc*, *Scytonema* y *Tolypothrix* formaron heterocistos desde el inicio del desarrollo; en tanto que en los cultivos procedentes del suelo de bosque nativo (concentración promedio de N-Nitrato igual o superior a 31,21 mg/kg⁻¹) no se diferenciaron heterocistos o lo hicieron de manera tardía (sexta semana de cultivo) en ambos casos formaron consorcios con las restantes especies del Orden Oscillatoriales (*Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium* y *Leptolyngbya*) a partir de la séptima semana de desarrollo. En coincidencia con nuestro estudio, Schinquel *et al.* (2018) afirma que en las especies del Orden Nostocales los heterocistos se diferenciaron de manera tardía y reemplazaron a las especies del Orden Oscillatoriales en la novena semana de desarrollo y los géneros: *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium* y *Leptolyngbya* fueron dominantes en los cultivos hasta la sexta semana de desarrollo. Lin, *et al.* (2013) indica en sus resultados que especies fijadoras de nitrógeno de los géneros *Anabaena* y *Nostoc*, conviven junto con especies como *Lyngbya* y *Oscillatoria*.

Tabla N° 2: Riqueza de especie considerando el suelo de bosque nativo y en agrícola analizado.

Table N° 2: Specific richness considering the native forest and agricultural soil analyzed

Familia	Nombre de la especies	Presencia/Ausencia	
		B. Nativo	Agrícola
Coleofasciculaceae	<i>Geitlerinema tenuius</i> (Stockmayer) Anagnostidis	+	+
Leptolyngbyaceae	<i>Leptolyngbya edaphica</i> (Hollerbach ex Elenkin) Anagnostidis & Komárek	+	+
	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	+
	<i>Leptolyngbya maius</i> (Claus) Anagnostidis	+	
	<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komarek	+	
	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komarek	+	+
Microcoleaceae	<i>Microcoleus vaginatus</i> Gomont ex Gomont	+	
Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya majuscula</i> Harvey ex Gomont	+	
	<i>Lyngbya confervoides</i> C. Agardh ex Gomont	+	
	<i>Lyngbya</i> sp.	+	
	<i>Lyngbya truncicola</i> Ghose	+	
	<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	+	
	<i>Oscillatoria anguinea</i> Bory ex Gomont	+	
	<i>Oscillatoria rupicola</i> Hansgirg	+	
	<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle	+	+
	<i>Phormidium breve</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	+
	<i>Phormidium crouanii</i> Gomont	+	
	<i>Phormidium aerugineo-caeruleum</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	
	<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont ex Gomont	+	
	<i>Phormidium amoenum</i> Kützing ex Anagnostidis & Komárek	+	+
	<i>Phormidium chlorinum</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis	+	+
	<i>Phormidium corium</i> Gomont.	+	+
	<i>Phormidium molle</i> Gomont	+	
	<i>Phormidium retzii</i> (Agardh) Gomont ex Gomont	+	
<i>Phormidium subuliforme</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	+		
Nostocaceae	<i>Anabaena oryzae</i> Fritsch	+	+
	<i>Anabaena</i> sp.	+	+
	<i>Anabaena variabilis</i> Kützing ex Bornet & Flahault	+	+
	<i>Anabaena oscillarioides</i> Bory ex Bornet & Flahault	+	+
	<i>Cylindrospermum muscicola</i> Kützing ex Bornet & Flahault	+	+
	<i>Cylindrospermum majus</i> Kützing ex Bornet & Flahault	+	+
	<i>Nostoc calcicola</i> Brébisson ex Bornet & Flahault		+
	<i>Nostoc commune</i> Vaucher ex Bornet & Flahault	+	+
	<i>Nostoc muscorum</i> Agardh ex Bornet & Flahault	+	+
Rivulariaceae	<i>Calothrix clavata</i> G.S. West		+
Scytonemataceae	<i>Scytonema bohmeri</i> Schmidle		+
Tolypothrichaceae	<i>Tolypothrix tenuis</i> Kützing ex Bornet & Flahault		+

Nota: Presencia: +

El desarrollo temprano de los heterocistos, en los cultivos de suelos agrícolas, se podría explicar como consecuencia de la menor disponibilidad de nitrógeno observado. Para confirmar estos resultados, se deberán realizar nuevos ensayos, que involucren mayor número de réplicas considerando diferentes tipos de suelos y también el estudio de los mecanismos de formación de los mismos y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. En este sentido, varios autores sostienen que el desarrollo de los heterocistos es un mecanismo de adaptación que involucra mecanismos genéticos de regulación asociados al déficit de nitrógeno (Muro-Pastor, 2014).

De los resultados de este trabajo y de los antecedentes analizados se concluye que especies los géneros *Lyngbya*, *Phormidium*, *Oscillatoria* y *Microcoleus* y *Nostoc*, son cosmopolitas y han sido reportadas para distintos tipos de suelo. Se observaron diferencias en la formación de los heterocistos de las especies del Orden Nostocales, dependiendo si la comunidad desarrollada provenía del suelo agrícola o nativo; estos resultados exploratorios deberán ser corroborados con nuevos ensayos, donde se analicen los mecanismos de diferenciación de las mencionadas células especializadas y en relación a las características físico-química de los suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bray, R & L Kurtz .1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen – Total. In: D.L. Sparks (Editor), *Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods.* Chapter 37. ASA, SSSA, CSSA, Madison WI, p. 1085-112.
- Fernández Belmonte, MC; M Manrique.; A Martínez Carretero; C Dalmaso, A Carosio & MJ Andersen Junqueras. 2009. Autochthonous Edaphic *Cyanophyta* (Cianobacterias) of Salinas del Bebedero (S.L.). *BIOCELL ISS.* 2009, 33(1): A53-A98
- Halperin, DR, ML Mendoza & G Zulpa. 1973. Obtención de Cultivos de Algas Azules (Cyanophyta). *Physis. Sección B. Bs. As.* V.32-n.84. pag. 67-84.
- Komárek, J & K Anagnostidis. 2005. Cyanoprokariota: Oscillatoriales. En: *Süßwasserflora von Mitteleuropa 1ª edición vol. 19/2* (Eds. B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner y M. Schagerl), Elsevier, München, pages. 759
- Komárek, J. 2013. Cyanoprokaryota: Heterocytous Genera. En: *Süßwasserflora von Mitteleuropa, 1ª edición vol. 19/3.* Eds. B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner y M. Schagerl) Springer Spektrum, Berlin, pages. 1131.
- Lin, CS; Ch Tsuan-Ling & W Jiunn-Tzong. 2013. Biodiversity of soil algae in the farmlands of mid-Taiwan. *Botanical Studies.* 3110 – 54:41. doi: 10.1186/1999-3110-54-41
- Manrique M; MC Fernández Belmonte; C Carosio; S Chiofalo & MJ Junqueras. 2013. Biodermas algales asociadas a cactáceas de Lomas Blancas. San Luis (pp 38-48). Ed. Vazquez Mazzini. "Restauración Ecológica de la Diagonal Árida de la Argentina". Buenos Aires. Argentina. 520pp
- Mulvaney, RL. 1996. Nitrogen – Inorganic Forms. In: D.L. Sparks (Editor), *Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods.* Chapter 38. ASA, SSSA, CSSA, Madison WI, p. 1123 – 1184.
- Muro-Pastor AM. 2014. The heterocyst-specific NsiR1 small RNA is an early marker of cell differentiation in cyanobacterial filaments. *MBio* 5(3):e01079–e14. doi: 10.1128/mBio.01079-14
- Nelson, DW & LE Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, DL (ed.). *Methods of Soil Analysis: Part 3 – Chemical Methods.* ASA, SSSA, CSSA, Madison WI, p. 961-1010.
- Schinquel V; R Murialdo & C Daga. 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.
- Thomas, G W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: D.L. Sparks (Editor), *Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods.* Chapter 16. ASA, SSSA, CSSA, Madison WI, pp.
- Watanabe, A. 1961. Collection and cultivation of nitrogen-fixing blue-green algae and their effect on the growth and crop yield of rice plants. *Stud. Tokugawa Inst. Tokyo* 9: 162–166.
- Zulpa De Caire G; MF Siciliano; MC Zaccaro; M Storni & M Palma. 2008. Effect of Cyanobacteria on the Soil Microflora Activity and Maize Remains degradation in a Culture Chamber Experiment. *International Journal of Agriculture & biology.* 10(4):388–392.