

# COMUNIDAD DE CIANOBACTERIAS DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DE ARROZ (*Oriza sativa* L.).

CECILIA ISABEL SÁNCHEZ<sup>1</sup>; SILVIA MERCEDES BENINTENDE<sup>1</sup> & MARÍA CRISTINA BENINTENDE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER.CC 24 3100 Paraná Entre Ríos Tel: 0343 4975075 int 123.

E mail: Sánchez, Cecilia Isabel - cecilias@fca.uner.edu.ar

Benintende, Silvia Mercedes - silviab@fca.uner.edu.ar (contacto)

Benintende, María Cristina - crisben@fca.uner.edu.ar

Recibido: 05/12/06

Aceptado: 15/05/07

## RESUMEN

El desarrollo de las cianobacterias en el cultivo de arroz se ve afectado por diferentes factores abióticos entre ellos la temperatura. El objetivo de nuestro trabajo fue analizar la evolución de la comunidad de cianobacterias durante el ciclo del cultivo de arroz en sitios con diferentes temperaturas del agua de inundación. El cultivo fue regado con agua subterránea. Se compararon dos ubicaciones respecto de la entrada del agua al lote. En macollaje, a los tres días desde la inundación, los recuentos de cianobacterias totales fueron similares en los dos sitios, pero difirieron en los muestreos de panoja embuchada y madurez fisiológica. Los géneros encontrados durante todo el ciclo fueron: *Chroococcus*, *Aphanocapsa* y *Gloeocapsa* (unicelulares), *Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Arthrospira* (filamentosas no heterocísticas), *Anabaena*, *Nostoc*, *Cylindrospermum* y *Gloeotrichia* (filamentosas heterocísticas). Las cianobacterias filamentosas heterocísticas no superaron el 45% y, en la mayoría de los muestreos, osciló alrededor del 25%. En la zona de mayor temperatura, la proporción de cianobacterias unicelulares fue mayor, y menor la de filamentosas no heterocísticas, la cual fue menor al 2% durante todo el ciclo. Los valores de diversidad de Simpson fueron mayores en la zona de mayor temperatura en cada uno de los momentos de muestreo. Los géneros dominantes fueron unicelulares (*Chroococcus* y *Gloeocapsa*) en cinco de los seis muestreos. En ambos sitios, el género *Chroococcus* siempre estuvo presente. *Gloeocapsa* y *Nostoc* aparecieron a partir de panoja embuchada y los géneros *Cylindrospermum* y *Gloeotrichia* en madurez fisiológica.

**Palabras clave.** Biodiversidad de cianobacterias, Arroz.

## CYANOBACTERIA DURING A RICE (*Oriza sativa* L.) CROP CYCLE

### ABSTRACT

Abiotic factors as temperature affect cyanobacterial growth in rice crop fields. The aim of our study was to evaluate cyanobacteria during rice crop development in two crop areas with different water temperature. We worked in a rice crop flooded with subterranean water. We sampled two sites that differed in the distance from the entrance of water to the field. Total cyanobacterial counts were similar in both sites three days after flooding (tillering) but differed in booting and physiological maturity. Cyanobacteria genera found during rice crop were: *Chroococcus*, *Aphanocapsa* and *Gloeocapsa* (unicellular) *Oscillatoria*, *Lyngbya* and *Arthrospira* (non-heterocystous filamentous) *Anabaena*, *Nostoc*, *Cylindrospermum* and *Gloeotrichia* (heterocystous filamentous). The heterocystous filamentous cyanobacteria were less than 45% and about 25% in most of the cases. Unicellular cyanobacteria were in a greater proportion in the site with a higher temperature, and non-heterocystous filamentous cyanobacteria were lower and less than 2% during crop cycle. Simpson's diversity indexes were greater in the site with the higher water temperature in each sampling moment. Dominant genera were the unicellular *Chroococcus* and *Gloeocapsa* in five of the six sampling moments. In both sampling sites, *Chroococcus* was always reported during the crop, *Gloeocapsa* and *Nostoc* were detected in booting and physiological maturity and *Cylindrospermum* and *Gloeotrichia* were only reported in physiological maturity.

**Key words.** Cyanobacteria biodiversity, Rice.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo y la actividad de las cianobacterias, en las condiciones de ambiente generadas por el cultivo de arroz, se ven afectadas por factores abióticos como la temperatura, pH del suelo, disponibilidad de nutrientes y disponibilidad de luz (Ruschel & Pontes, 1992).

Algunos estudios han puesto de manifiesto la diversidad de las especies nativas de cianobacterias en campos en los que se cultiva arroz (Pereira *et al.*, 2005). Otros investigadores han estudiado los cambios que se producen en la estructura de la comunidad de cianobacterias a lo largo del ciclo del cultivo como consecuencia de la variación de las condiciones ambientales (Quesada &

Fernández Valiente, 1996; Rincón *et al.*, 2003; Song *et al.*, 2005). En las comunidades analizadas en estos trabajos, la estructura de la comunidad se fue modificando en los diferentes estadios fenológicos del arroz. Sin embargo, estos trabajos coincidieron en que una o dos especies fueron dominantes y las demás, acompañantes. Rincón *et al.* (2003) señalan que la dominancia de una especie en particular está relacionada a la capacidad de adaptarse a condiciones del medio como la intensidad de luz, la temperatura y la concentración de fósforo y nitrógeno.

La mayor parte de los estudios sobre las condiciones que influyen sobre la dominancia de algunos géneros de cianobacterias en cultivos de arroz fueron realizados en países asiáticos y en Europa. Los antecedentes de este tipo encontrados para la Argentina corresponden a los estudios realizados por Prósperi *et al.* (1996) & Rincón *et al.* (2003) en la provincia de Corrientes.

En la provincia de Entre Ríos, el arroz se cultiva en suelos con altos contenidos de arcilla, principalmente en el horizonte subsuperficial. Se utiliza el sistema de inundación con agua subterránea desde macollaje a poco antes de cosecha. El agua a la salida del pozo tiene una temperatura de alrededor de 20°C. La temperatura aumenta al escurrir sobre la superficie del terreno, por lo que en un mismo lote se encuentran zonas con agua a temperaturas diferentes que afectan la comunidad de cianobacterias.

El objetivo de nuestro trabajo fue analizar la evolución de la comunidad de cianobacterias durante el ciclo del cultivo de arroz en sitios con diferentes temperaturas de agua de inundación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubicó en un suelo Peluderte Árgico de la provincia de Entre Ríos, Argentina donde se instaló un cultivo de arroz con riego por inundación con agua subterránea a partir de los 40 días de la emergencia. Las situaciones analizadas correspondieron a dos ubicaciones diferentes en relación a la entrada del agua al lote; entre ambas ubicaciones las condiciones de suelo fueron homogéneas.

Se tomaron tres muestras de agua en la loma (área de menor temperatura del agua, cercana a la entrada de agua de riego) y en la media loma (área de mayor temperatura del agua, alejada del ingreso de agua de riego). Los momentos de muestreo correspondieron a los estadios fenológicos del cultivo de macollaje, panoja embuchada y madurez fisiológica. Para la toma de muestras se utilizó un tubo cilíndrico hueco de extremos abiertos de, aproximadamente, 0,50 m de largo por 25 mm de diámetro exterior, que se enterró en el suelo a una profundidad de 10 cm. El muestreo de agua se realizó a partir de la porción que quedó contenida en el interior del tubo, la que fue retirada con jeringa (Quesada, Universidad Autónoma de Madrid, com. per.) y trasvasada a un recipiente

limpio. Para la conservación de las muestras se agregó formol al 5% V/V.

Para la evaluación de la comunidad de cianobacterias se utilizó la técnica de recuento en cámara de Neubauer por microscopía directa y se realizaron dos repeticiones por cada muestra. Los resultados fueron expresados en número de gérmenes por mL de agua (gérmenes mL<sup>-1</sup>). La identificación de los géneros presentes se realizó por características morfológicas utilizando las descripciones de Desikachary (1969) citadas en Venkataraman (1981), Prescott (1962) & Prósperi *et al.* (1996). Se tomaron fotomicrografías de los géneros identificados en las muestras.

Se aplicó el índice de Simpson (1949, citado en Krebs, 1985) para evaluar la biodiversidad en los recuentos de géneros de cianobacterias hallados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los recuentos a los 43 días desde la emergencia, correspondientes a 3 días posteriores a la inundación) fueron similares entre loma y media loma, registrándose valores menores a 10<sup>2</sup> gérmenes mL<sup>-1</sup> de agua (Figura 1). La evolución del número de cianobacterias presentó un patrón similar a lo descrito por diversos autores (Quesada & Fernández Valiente 1996; Irisarri *et al.*, 2001; Sánchez & Benintende, 2005; Song *et al.*, 2005) y alcanzó valores máximos en el estadio de panoja embuchada a los 85 días desde emergencia. Estos resultados difieren de lo mencionado por Rincón *et al.* (2003) quienes, al analizar muestras de agua de campos de arroz de la provincia de Corrientes, hallaron que la máxima abundancia de cianobacterias se registró a comienzos del cultivo y atribuyeron este comportamiento a la fuente de agua superficial utilizada para el riego. En el presente trabajo, los recuentos realizados en panoja embuchada y en madurez fisiológica fueron mayores en la media loma. Atribuimos estas diferencias a la mayor temperatura del agua registrada a medida que existía mayor distancia al ingreso del lote. Las temperaturas registradas en la media loma superaron a las de la loma en 6 °C en diciembre, en 4,7 °C en enero y en 2,8 °C en febrero.

Los géneros encontrados en ambos sitios y durante todo el ciclo fueron *Chroococcus*, *Aphanocapsa* y *Gloeocapsa* (cianobacterias unicelulares); *Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Arthrospira* (filamentosas no heterocísticas); *Anabaena*, *Nostoc*, *Cylindrospermum* y *Gloeotrichia* (filamentosas heterocísticas) (Figura 2). El número de géneros de cianobacterias totales fue similar a lo encontrado por Song *et al.* (2005) quienes, utilizando la técnica de reacción de la polimerasa en cadena en campos de arroz de China, describieron once géneros. El número total de géneros hallado en el presente trabajo fue similar a lo reportado por Prósperi *et al.* (1996), quienes identificaron entre 6 y 12 géneros en arrozales de la provincia de

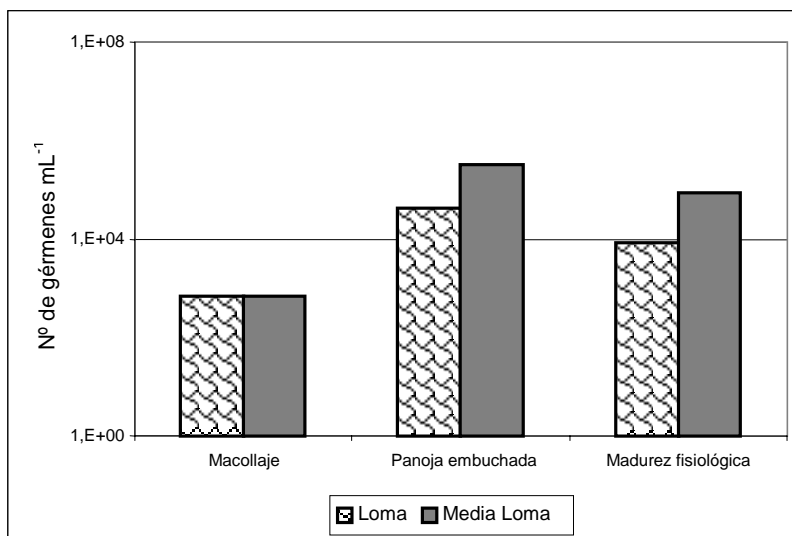


Figura 1. Cianobacterias totales (número de gérmenes mL<sup>-1</sup>) en los sitios loma y media loma en macollaje, panoja embuchada y madurez fisiológica del cultivo de arroz.

Figure 1. Cyanobacterial counts (number mL<sup>-1</sup>) in two sampling areas in tillering, booting and physiological maturity in rice crop.


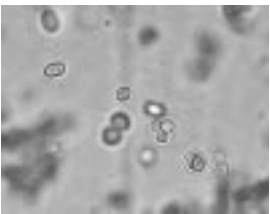
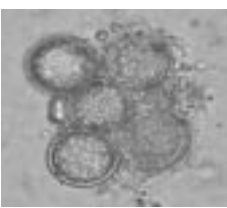


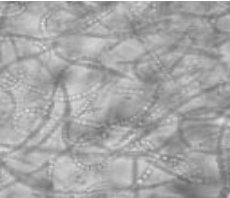




Unicelulares	 <i>Chroococcus</i>	 <i>Gloeocapsa</i>	 <i>Aphanocapsa</i>	
Filamentosas heterocísticas	 <i>Anabaena</i>	 <i>Gloeotrichia</i>	 <i>Nostoc</i>	 <i>Cylandrospermum</i>
Filamentosas no heterocísticas	 <i>Oscillatoria</i>	 <i>Lyngbya</i>	 <i>Arthrospira</i>	

Figura 2. Fotomicrográficas de las cianobacterias del cultivo de arroz

Figure 2. Photomicrographs of Cyanobacteria found in rice crop

Corrientes. En el ciclo de cultivo del arroz, encontramos cuatro de los cinco géneros de cianobacterias heterocísticas reportados por Pereira *et al.* (2005) en arrozales de Chile. En coincidencia con lo reportado por Irisarri *et al.* (2001), las cianobacterias unicelulares descritas en el presente trabajo fueron del orden *Chroococcales*.

Las cianobacterias filamentosas heterocísticas no superaron el 45% y en la mayoría de los muestreos osciló alrededor del 25% (Figura 3). Nuestros resultados difieren de lo citado por Whitton (2000) quien señala que en campos de arroz el 50% de las cianobacterias son filamentosas heterocísticas.

En la loma, las proporciones de cianobacterias unicelulares, filamentosas no heterocísticas y heterocísticas fueron similares en los tres momentos de muestreo. En la media loma hubo mayor proporción de cianobacterias unicelulares en todos los muestreos. En promedio en todos los momentos de muestreo, la proporción de cianobacterias unicelulares en la loma fue cercana al 50%, mientras que en la media loma alcanzó el 75%. La proporción de cianobacterias filamentosas no heterocísticas fue muy escasa en la media loma durante todo el ciclo (menor a 2%) mientras que en la loma esta proporción fue cercana al 25%. La diferente constitución de la comunidad de cianobacterias durante el ciclo del cultivo fue más notable que el número total de estos organismos y esto

se vincula, probablemente, con las diferencias de temperaturas registradas en ambos sitios.

La riqueza de géneros se incrementó a medida que progresó el ciclo del cultivo (Tabla 1). La mayor riqueza se encontró en madurez fisiológica aún cuando la cantidad total de cianobacterias en este estadio disminuyó (Figura 1).

Los valores de diversidad de Simpson fueron bajos (menores a 0,5), indicando la presencia de algún género dominante. En la media loma se obtuvieron mayores índices de diversidad respecto de la loma en todos los estadios y las mayores diferencias se registraron en panoja embuchada y madurez fisiológica.

Los géneros dominantes fueron *Chroococcus* y *Gloeocapsa* (unicelulares) en cinco de los seis muestreos (Tabla 2). En los dos sitios, el género *Chroococcus* se registró en los tres momentos de muestreo mientras que *Gloeocapsa* y *Nostoc* fueron encontradas a partir de panoja embuchada. Los géneros *Cylindrospermum* y *Gloeotrichia* sólo se encontraron en los recuentos realizados al final del ciclo del cultivo en el muestreo en madurez fisiológica. Irisarri *et al.* (2001) hallaron que el género *Gloeotrichia* se observó a finales del ciclo del cultivo del arroz en campos de Uruguay, en coincidencia con el presente trabajo.

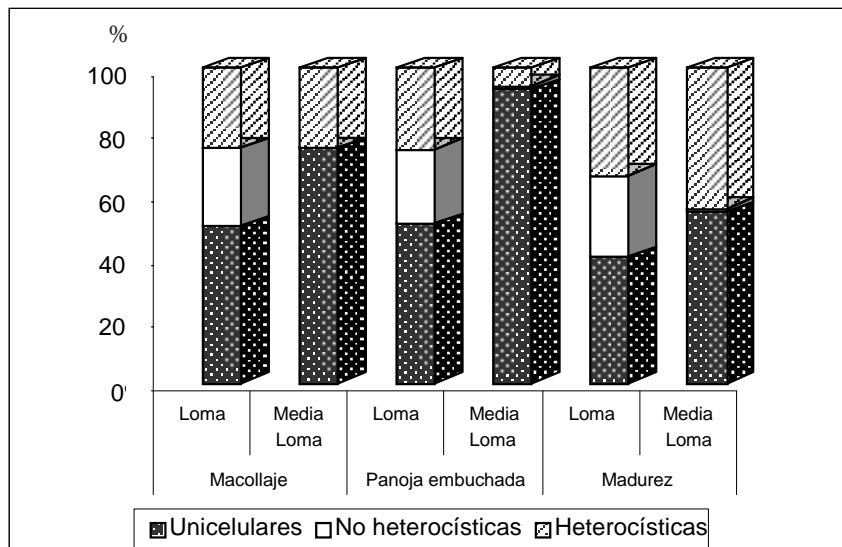


Figura 3. Evolución de la comunidad de cianobacterias (en porcentaje) en los sitios loma y media loma en macollaje, panoja embuchada y madurez fisiológica en el cultivo de arroz.

Figure 3. Cyanobacterial community evolution in two sampling areas in tillering, booting and physiological maturity in rice crop.

Tabla 1. Valores de riqueza e índice de diversidad de Simpson en los sitios loma y media loma en macollaje, panoja embuchada y madurez fisiológica en el cultivo de arroz.

Table 1. Richness and Simpson's biodiversity indexes in tiller-ring, booting and physiological maturity in rice crop.

	Macollaje		Panoja embuchada		Madurez	
	Loma	Media loma	Loma	Media loma	Loma	Media loma
Riqueza	4	3	6	7	9	8
Índice de Simpson	0,25	0,37	0,21	0,49	0,17	0,32

Tabla 2. Géneros de cianobacterias presentes en los sitios loma y media loma en macollaje (M), panoja embuchada (PE) y madurez fisiológica (MF) de cultivo de arroz.

Table 2. Cyanobacterial genera present in the both sampling areas in tillering, booting and physiological maturity in rice crop.

LOMA			
Género	M	PE	MF
<i>Chroococcus</i>			
<i>Aphanocapsa</i>			
<i>Gloeocapsa</i>			
<i>Oscillatoria</i>			
<i>Lyngbya</i>			
<i>Arthrospira</i>			
<i>Anabaena</i>			
<i>Nostoc</i>			
<i>Cylindrospermum</i>			
<i>Gloeotrichia</i>			

MEDIA LOMA			
Género	M	PE	MF
<i>Chroococcus</i>			
<i>Aphanocapsa</i>			
<i>Gloeocapsa</i>			
<i>Oscillatoria</i>			
<i>Lyngbya</i>			
<i>Arthrospira</i>			
<i>Anabaena</i>			
<i>Nostoc</i>			
<i>Cylindrospermum</i>			
<i>Gloeotrichia</i>			

Leyenda

Género dominante	
Género acompañante	
Género ausente	

**CONCLUSIONES**

Cuando la temperatura del agua de inundación fue mayor, se encontraron mayores recuentos de cianobacterias en los estadios panoja embuchada y madurez fisiológica.

Durante todo el ciclo del cultivo, una mayor temperatura del agua se correspondió con una mayor proporción de cianobacterias unicelulares (en promedio, 75% del total) y fue muy escasa la presencia de filamentosas no heterocísticas (menos del 2%).

El índice de biodiversidad de cianobacterias en todos los casos fue menor a 0,5. En cada momento de muestreo este índice aumentó con la temperatura del agua.

Los géneros dominantes fueron unicelulares (*Chroococcus* y *Gloeocapsa*) en cinco de los seis muestreos. En ambos sitios de muestreo, el género *Chroococcus* estuvo presente en los tres momentos, *Gloeocapsa* y *Nostoc* aparecieron a partir de panoja embuchada y los géneros *Cylindrospermum* y *Gloeotrichia* en madurez fisiológica.

**AGRADECIMIENTOS**

Deseamos agradecer a la Universidad Nacional de Entre Ríos por la financiación de la investigación.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Desikachary, TV. 1969. Cyanophyta, Ind. Council of Agric. Res., New Delhi. 686 p.
- Irisarri, P; S Gonnet & J Monza. 2001. Cyanobacteria in Uruguayan rice fields: diversity, nitrogen fixing ability and tolerance to herbicides an combined nitrogen. *Journal of Biotechnology* 91: 95-103.
- Krebs, C. 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Harla Ed. México. 753 p.
- Prescott, GW. 1962. Algae of the Western Great Lakes Area. Brown Company Publishers. USA. 977 p.
- Pereira, I; M Moya; G Reyes & V Kramm. 2005. A survey of heterocystus nitrogen-fixing cyanobacteria in chilean rice fields. *Gayana Bot.* 62(1): 26-32.
- Prósperi, C; S Pons & E Maggi. 1996. Ecological aspects of cyanobacteria from rice fields of Corrientes (Argentina). Chapter 15. Pp.141-146. *In:* M Rahman (*ed.*) Biological nitrogen fixation associated whit rice production. Kluwer Academic Publishers. Great Britain.
- Quesada, A & E Fernández-Valiente. 1996. Relationship between abundance of N<sub>2</sub>-fixing cyanobacteria and environmental features of Spanish rice fields. *Microb Ecol.* (32): 59-71.
- Rincón, A; C Prósperi & E Fernández Valiente. 2003. Fijación de nitrógeno en la cianobacteria *Chroococcus limneticus* y su relación con la actividad superóxido dismutasa. *Revista de Ciencia y Tecnología* (8): 115-123.
- Ruschel A & M Pontes. 1992. Fixacao Biológica da Nitrogenio por microorganismos assimbioticos. Capítulo 13. Pp.182-200. *En:* EJBN Cardoso, SM Tsai, MCP Neves (*eds.*). Microbiologia do Solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Campinas. Brasil
- Sánchez, C & S Benintende. 2005. Evolución de la población de cianobacterias durante el ciclo de cultivo de arroz en diferentes rotaciones. Actas V REBIOS. San Salvador de Jujuy. Argentina. 83 p.
- Simpson, E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688-730.
- Song, T; L Martensson; T Eriksson; W Zheng; & U Rasmussen. 2005. Biodiversity and seasonal variation of cyanobacterial assemblage rice paddy field in Fujian, China. *Microbiology Ecology* 54: 131-140.
- Venkataraman, G. 1981. Blue-green algae for rice production. FAO Soils Bulletin N° 46. 102 p.
- Whitton, B. 2000. Soils and Rice Fields. Chapter 8. Pp. 233-255 *In:* Whitton & Potts (*eds.*). The Ecology of Cyanobacteria. Kluwer Academic Publisher. Netherlands.