

IDENTIFICACIÓN DE CIANOBACTERIAS POTENCIALMENTE PRODUCTORAS DE CIANOTOXINAS EN LA CURVA DE SALGUERO DEL RÍO CESAR

MASSIEL RIVERA GONZÁLEZ*, LILIANA GÓMEZ GÓMEZ**

Manizales, 2010-03-13 (Rev. 2010-05-15)

RESUMEN

En el río Cesar, que se usa como receptor de aguas residuales tratadas de las lagunas de estabilización Estación Salguero, se llevó a cabo un plan de muestreo de 6 meses durante los cuales se identificaron cianobacterias potencialmente productoras de cianotoxinas, además se estimó cualitativamente su abundancia y variación en la distribución de éstas a lo largo del área de muestreo; se evaluaron las fluctuaciones de las características físicas y químicas del área de estudio. Se establecieron tres estaciones de muestreo: río arriba, zona de vertimiento de las aguas residuales y río abajo; se usaron métodos para la identificación y recuento del material ficológico estandarizados y para medir los parámetros físico-químicos. La mayor abundancia de algunas cianobacterias estuvo estrechamente relacionada con las zonas del río donde existe mayor contaminación orgánica. Las cianobacterias productoras de toxinas que predominaron fueron *Phormidium sp.*, *Oscillatoria sp.* y *Pseudanabaena sp.* Los resultados fisicoquímicos indican que la calidad del agua del río Cesar es alterada en los puntos donde el río recibe las descargas de aguas residuales y a lo largo de éste.

PALABRAS CLAVE:

Aguas residuales, calidad del agua, cianobacterias, cianotoxinas y eutrofización.

IDENTIFICATION OF CYANOBACTERIA, POTENTIAL CYANOTOXINS PRODUCERS, IN THE CESAR RIVER SALGUERO'S CURVE

ABSTRACT

A 6 month sampling plan was carried out in the Cesar River, which is used as the receiver of treated waste water from the stabilized ponds in Salguero Station. During this time cyanobacteria, potential producer of cyanotoxins, were identified, and also their abundance and variation in the distribution through the sampled area were estimated; fluctuations of physical and chemical characteristics of the area in study were evaluated. Three sample stations were established: upstream, the waste water flowing zone, and downstream. Standardized methods for the identification and recount of phycological material and to measure the physical-chemical parameters were used. The greater abundance of some cyanobacteria was closely related to the areas of the river where there is greater organic contamination. Cyanobacteria producers of toxins which were more predominant were *Phormidium sp.*, *Oscillatoria sp.* and *Pseudanabaena sp.* The physical-chemical results indicate that the quality of the water in Cesar river is altered in the areas where the river receives the flow of waste warter and all along its steam.

Key words: cyanobacterias, cyanotoxins, eutrophication, water quality and waste water.

Abreviaturas. A: Abundante; C: Común; E: Escasa; MA: Muy Abundante; P: Predominante; R: Rara; DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días; DQO: Demanda Química de Oxígeno; STAR Salguero: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, estación Salguero.

INTRODUCCIÓN

A escala global, uno de los problemas de calidad de agua es el incremento progresivo de la eutrofización de los ambientes acuáticos (Ramírez et al., 2005). Sus efectos, asociados con la alta concentración de nutrientes como nitrógeno y fósforo, provenientes de la actividad agrícola y de efluentes cloacales, producen cambios en la composición taxonómica y abundancia del fitoplancton favoreciendo el desarrollo de cianobacterias productoras de cianotoxinas e interfiriendo en el uso y calidad estética del agua al provocar mayor turbiedad y olores nocivos (Prosperi et al., 2005). La proliferación de estos organismos en aguas de uso doméstico y de recreo supone un riesgo potencial para la salud humana, denunciado por la Organización Mundial de la Salud, por su capacidad de producir toxinas (Gonseth & Martínez, 2005). Estas toxinas se clasifican en tres categorías que son: las neurotoxinas, que actúan en la transmisión del impulso nervioso y pueden provocar la muerte por parálisis respiratoria, las producen cianobacterias como *Cylindrospermum*, *Anabaena*, *Planktothrix*, etc.; las hepatotoxinas, que ocasionan lesiones hepáticas y se les atribuyen efectos cancerígenos, las producen *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, etc.; y las dermatotoxinas, que provocan irritaciones sobre cualquier tejido expuesto (Lucena, 2008).

Debido a los vertimientos de aguas residuales tratadas que realiza el STAR Salguero (Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, estación Salguero) sobre el río Cesar, se está produciendo la disminución en la calidad del recurso hídrico y un posible desarrollo de eutrofización (Mejía & Daza, 2005), esta situación generaría el desarrollo excesivo de cianobacterias citotóxicas lo que causaría un problema de contaminación ambiental y salud pública en las poblaciones que utilizan el río como proveedor de agua para el sostenimiento de zonas agrícolas y/o ganaderas y actividades de recreación y/o pesca.

Por esta razón, se hizo necesario estudiar la composición taxonómica y abundancia de cianobacterias potencialmente productoras de cianotoxinas presentes en el río, al mismo tiempo determinar las fluctuaciones físico-químicas del sistema hídrico, evaluando la calidad de éste para el uso recreacional e ictícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Curva de Salguero (73°14'31" O y 10°23'06" N) es un tramo del río Cesar ubicado en la parte nororiental del departamento del Cesar (Figura 1) en una zona de bosque seco tropical con un promedio de temperatura de 26 °C.

Figura 1. Localización del área de estudio: STAR Salguero y estaciones de muestreo en la Curva de Salguero.



Para lograr los objetivos planteados, se seleccionaron tres estaciones de muestreo en función de la variabilidad esperada en la calidad del agua, la cual es afectada por las acciones contaminantes dadas por los vertimientos del STAR Salguero: 50 m antes del vertimiento del STAR (Estación E1), vertimiento del STAR (Estación E2) y 50 m después del vertimiento (Estación E3).

Para la recolección, fijación, observación y determinación del material ficológico se obtuvieron muestras de la superficie del río y sustratos (piedras, troncos y vegetación) en recipientes de vidrio de 500 ml; se procesaron de acuerdo a los métodos establecidos por Standard Methods (APHA-AWWA-WPCF, 1998), que consisten en la colecta a través de una malla con poros de 60 μm , conservación de la muestra con Lugol al 1% v/v, concentración por centrifugación a 1500 g por un minuto y posterior observación en el microscopio. La identificación de las cianobacterias se realizó siguiendo claves específicas de Komárek y Anagnostidis (1999), Cyanoprocaritas (Chroococcales 1999, Oscillatoriales 2005), y las establecidas por Bicudo y Menezes (2006), en las que se tienen en cuenta las características morfológicas de las células (colonial, unicelular o filamentosa), la presencia o no de mucílago y de estructuras especializadas (vesículas de gas, aquinetos, heterocistes y necridios), la forma celular (redonda, oval, alargada), color (verde-azul, verde oliva, rojo, amarillo, marrón) y tamaño celular (grande, mediano, pequeño). Se tomaron fotomicrografías de los géneros identificados en las muestras.

La estimación cualitativa de la abundancia de los organismos encontrados, se realizó mediante un recuento de superficie total en portaobjeto bajo un objetivo de resolución de 10x según Lawton et al. (1999), todo por duplicado, y se calculó la abundancia relativa de cada género utilizando las clases categóricas de Necchi et al. (1991), las cuales se clasifican por número de presencias (Tabla 1).

Tabla 1. Categorías para calcular abundancia de microorganismos en ambientes acuáticos.

Posición	Abundancia en presencias	Denominación	Abreviatura
1	0-10	Rara	R
2	11-25	Escasa	E
3	26-50	Común	C
4	51-100	Abundante	A
5	101-200	Muy Abundante	MA
6	+200	Predominante	P

En cada estación se midió, con una sonda multiparámetros, la temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos totales, turbiedad y oxígeno disuelto; se tomaron muestras, en envases de plástico con capacidad mínima de 2 L, a una profundidad de 0,2 a 0,3 m, para determinar DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días), DQO (Demanda Química de Oxígeno), fósforo total, tomando como referencia los parámetros establecidos en el Standard Methods (APHA -AWWA-WPCF, 1998). También se tuvo en cuenta la determinación de nitratos, cuyo dato se tomó de los presentados por Quiros y Castro (2008), quienes realizaron muestreos simultáneamente a esta investigación, en los mismos puntos de muestreo, con la misma frecuencia y tiempo.

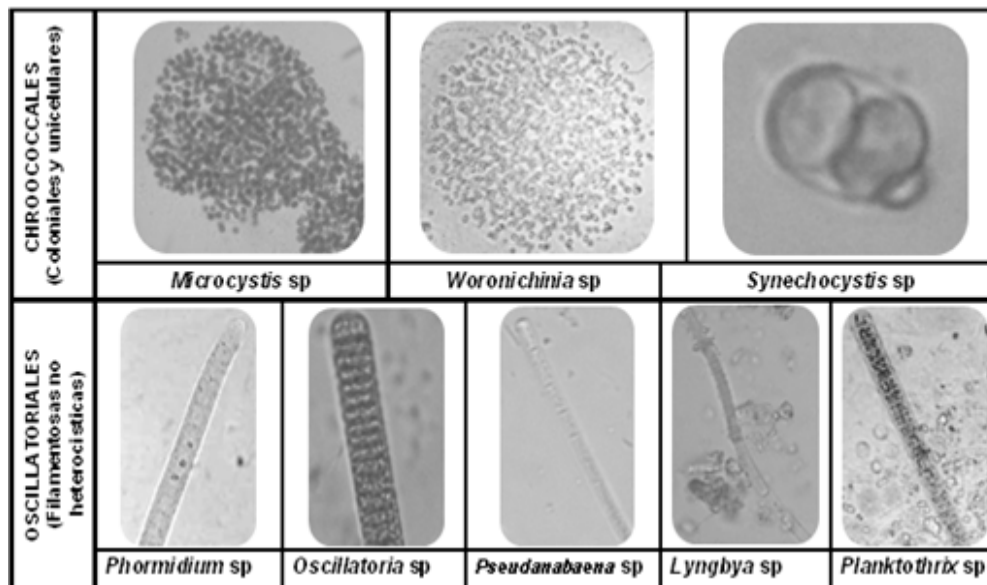
Se realizó un análisis estadístico de varianza por efectos fijos, utilizando el paquete estadístico SPSS® de Windows versión 15.0 (2004). El tiempo total de muestreo fue de seis meses con una frecuencia de muestreo mensual.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Composición taxonómica de las cianobacterias citotóxicas en las estaciones de muestreo

Se identificaron ocho géneros de cianobacterias (Figura 2), reportadas en la literatura como productoras de cianotoxinas o citotóxicas, correspondientes a *Woronichinia* sp. (Elenkin 1933), *Microcystis* sp. (Kützing ex Lemmermann 1907), *Synechocystis* sp. (Sauvageau 1892), pertenecientes al orden Chroococcales, y *Phormidium* sp. (Kützing ex Gomont 1892), *Oscillatoria* sp. (Vaucher ex Gomont 1892), *Planktothrix* sp. (Anagnostidis et Komárek 1988), *Pseudanabaena* sp. (Lauterborn 1915), *Lyngbya* sp. (C. Agardh ex Gomont 1892) pertenecientes al orden Oscillatoriales.

Figura 2. Fotomicrografías de géneros de cianobacterias encontradas en la Curva de Salguero del río Cesar.

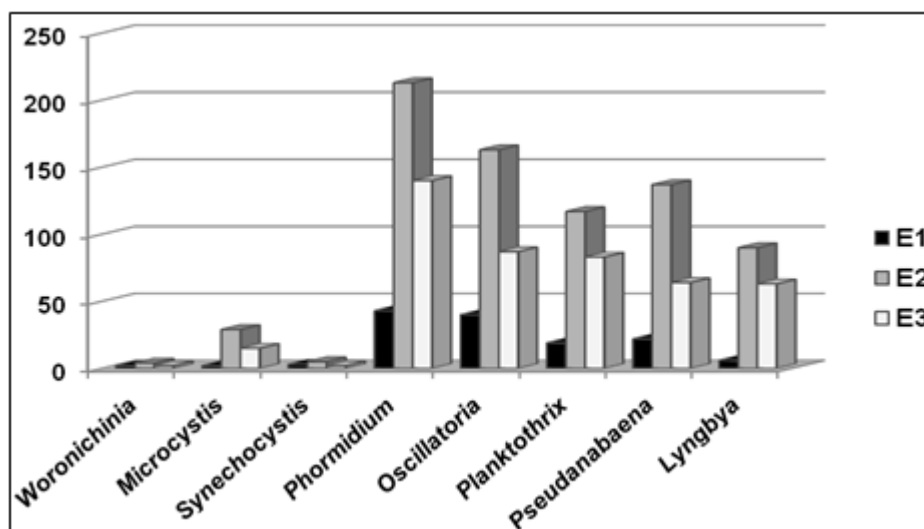


Estimación de la abundancia cualitativa de las cianobacterias citotóxicas

Según la Figura 3, la estación E2 presentó una mayor abundancia de cianobacterias, según las denominaciones hechas por Necchi et al. (1991) el género P fue *Phormidium* sp. con 213 presencias; géneros MA fueron *Oscillatoria* sp. con 163, *Planktothrix* sp. con 117 y *Pseudanabaena* sp. con 137. En la estación E1 los géneros C fueron *Phormidium* sp. con 43 presencias, *Oscillatoria* sp. con 40 y *Pseudanabaena* sp. con 22.

En la estación E3 los géneros descritos presentaron un comportamiento de distribución parecido a la estación E2, siendo el MA *Phormidium* sp. con 140 presencias, pero la abundancia para todos los géneros descritos fue disminuyendo gradualmente. Entre los géneros E estuvieron *Lyngbya* sp. con 6 en E2 y *Microcystis* sp. con 27 presencias en la estación E2 y 15 en la E3; *Woronichinia* sp. y *Synechocystis* sp. con tres presencias por igual en las estaciones E2 y E3; no hubo presencia de las cianobacterias *Microcystis* sp. y *Woronichinia* sp. en la estación E1, lo que indica que pueden estar siendo aportadas por las lagunas de oxidación del STAR Salguero en la estación E2. Estos sistemas de tratamiento de agua, altamente contaminados, poseen características de ambientes eutróficos óptimos para el crecimiento de estas dos cianobacterias (De León & Chalar, 2003).

Figura 3. Variación de la distribución de cianobacterias citotóxicas en las diferentes estaciones de muestreo de la Curva de Salguero.



Determinación de parámetros fisicoquímicos

En general, el área de estudio presentó mayor variabilidad entre las estaciones de muestreo para los parámetros de medición de nutrientes y carga orgánica que para el resto, así los valores promedios en la estación E1 fueron: DBO5 15,67 mg/L, DQO 31,67 mg/L, fósforo total 0,24 mg/L, nitratos 0,125 mg/L y oxígeno disuelto 4,14 mg/L; mientras que para la estación E2 aumentaron: DBO5 con 90,83 mg/L, DQO con 106,67 mg/L, fósforo total con 2,9 mg/L y nitratos 1,49 mg/L, el oxígeno disuelto disminuyó a 1,32 mg/L.

Estos resultados, nos indican que las descargas de aguas residuales aportadas por el STAR Salguero contribuyen en gran parte a que haya disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las cianobacterias productoras de cianotoxinas; las bajas cantidades de oxígeno disuelto están asociadas con un incremento en la contaminación orgánica (Massaut & Ortiz, 2003). En la estación E3 se presenta una disminución en cuanto a los valores para DBO5 23,17 mg/L, DQO 33,33 mg/L, fósforo total 0,34 mg/L, nitratos 1,05 mg/L; y aumentó para oxígeno disuelto 3,97 mg/L, esto puede deberse a que después de los vertimientos del STAR se da una dilución de nutrientes y disminución de éstos provocando una autodepuración del agua (Peinador, 1999), aunque todavía los vertimientos influyen en gran medida esta parte del río.

Variación en la distribución y abundancia de las cianobacterias citotóxicas

Con respecto a la abundancia de cianobacterias productoras de cianotoxinas, medida en términos de presencias, el análisis estadístico determinó que se presentaron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo (UNIANOVA: $F = 44,2$; $p < 0,05$). El hecho de que en la Curva de Salguero dicha abundancia sea menor en la estación E1, presente un considerable aumento en la E2 y una gradual disminución en la E3, corresponde a la variación del grado de contaminación orgánica e inorgánica existente en las estaciones E1 y E2 producto de los vertimientos del STAR Salguero, reflejado en los cambios de los parámetros fisicoquímicos realizados de una estación de muestreo a otra.

Este enriquecimiento orgánico aportado en exceso desplaza el equilibrio químico natural del agua y el incremento en el aporte de nutrientes inorgánicos como el fósforo y el nitrógeno, teniendo como consecuencia un aumento de la

eutrofización y de la productividad primaria en los ambientes naturales, especialmente de comunidades fitoplanctónicas como las cianobacterias (Rodríguez et al., 2001), las cuales aprovechan el incremento en la concentración de nutrientes disueltos debido a su variado metabolismo (Paerl & Tucker, 1995).

En el proceso de eutrofización, las cianobacterias presentan un mal desempeño como productores primarios ya que interfieren en el uso y calidad estética del cuerpo de agua (Zalocar & Forastier, 2005), además pueden actuar de manera negativa en el funcionamiento de las redes tróficas (Rodríguez et al., 2001), alterando la estructura comunitaria de otros organismos habitantes del río, mediante la competencia por espacio, captación de luz solar en la superficie con lo cual obstruyen el paso de ésta hacia el interior del agua, la cual es necesaria para la sobrevivencia de otras algas (Beyruth, 1993). Además de los factores ya mencionados, Fredrickson y Stephanopoulos (1981) mencionan la posibilidad de que las sustancias alelopáticas como las cianotoxinas, que segregan las cianobacterias, favorezcan su desarrollo en aguas afectadas por descargas contaminantes, como puede suceder en el río Cesar, al eliminar la competencia de muchos organismos y evitar ser depredadas por otros.

CONCLUSIONES

Se identificaron ocho géneros de cianobacterias reportados en la literatura como productoras de cianotoxinas, siendo los más abundantes y predominantes: *Phormidium sp.*, *Planktothrix sp.*, *Oscillatoria sp.* y *Pseudanabaena sp.*; y los menos abundantes: *Woronichinia sp.*, *Microcystis sp.*, *Lyngbya sp.* y *Synechocystis sp.* En algunos casos, la simple identificación de un género o especie de cianobacteria no es suficiente para determinar si produce o no toxinas ya que cepas con diferente toxicidad pueden pertenecer a la misma especie, por esto se debe determinar o caracterizar a través de un bioensayo con organismos y/o análisis químico especializado de las toxinas que producen.

La calidad fisicoquímica del agua en las tres estaciones de muestreo varía drásticamente de un punto a otro, presentando la estación E1 aguas con poca concentración de materia orgánica, nutrientes, sales disueltas y oxígeno disuelto, y en las estaciones E2 y E3 se aprecia un incremento de estos parámetros. Se aprecia una leve recuperación en la estación E3, en la cual los niveles de nutrientes disminuyen en parte por el proceso de autodepuración que realiza el río.

El estudio de cianobacterias potenciales productoras de cianotoxinas en la Curva de Salguero del río Cesar, dio a conocer los cambios en el comportamiento poblacional y desarrollo de éstas en función a las modificaciones que sufre su hábitat en respuesta a los vertimientos que aporta el STAR Salguero. Un desarrollo masivo de estos organismos en este río, debería ser motivo de preocupación para las autoridades sanitarias debido a que pueden desencadenar eventos de toxicidad para las personas que hacen uso de sus aguas, además afectar la fauna ichtícola y otras poblaciones de fitoplancton.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó gracias a la colaboración prestada por la Empresa de Servicios Públicos de Valledupar, EMDUPAR S.A.- E.S.P. Las autoras agradecen a todas las personas que brindaron su apoyo en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association (APHA), American Waterworks Association(AWWA) & Water Pollution Control Federation (WPCF). (1998). *Standard methods for examination of water and wastewater*. 20Th. New York.
- Beyruth, Z. (1993). *Fitoplancton em lagos do Parque Ecológico do Tiete, São Paulo, 1986-1987. Estudo para reabilitação. Dae, 170:5-10.*
- Bicudo, C. (2006). Capítulo 5: *Cyanophyceae/Cyanobacteria*. En Bicudo C. Menezes M. (Eds.), *Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil*. São Carlo, Brasil (pp. 58-95). Ed. RIMA.
- De León, L., Chalar G. (2003). *Abundancia y diversidad del fitoplancton en el Embalse de Salto Grande (Argentina-Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. Limnetica 22(1-2): 103-113.*
- Fredrickson, A., Stephanopoulos, I. (1981). Microbial competition. *Science, 213, 972-979.*
- Gonseth, J., Martínez, G. (2005) "Propuesta de actuaciones ante la presencia de altas concentraciones de cianobacterias en aguas de baño". En: VIII Congreso Nacional de Sanidad Ambiental. Junio 2005. Toledo. *Revista de Salud Ambiental, 2005-5(1), p 98*
- Komárek, J. and Anagnostidis, K. 1986 Modern approach to the classification system of cyanophytes. *Archiv Hydrobiol. Algological Studies, 43, 157-164.* Ed. Gustav Fischer. Germany.
- Lucena, E. (2008). Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. *Higiene y Sanidad Ambiental 8, 291-302.*
- Lawton, L., Marsalek, B., Padisák, J., Chorus, I. (1999). Chapter 12: Determination of cyanobacteria in the laboratory. En Chorus, I., Bartram, J., (Eds.), *Toxic Cyanobacteria in Water*, (pp. 334-361). London: Ed. F & FN Spon.
- Massaut, L., Ortiz, J. (2003). Aislamiento y cultivo de cianobacterias con potencial toxicidad sobre *Litopenaeus vannamei*. *El Mundo Acuícola, 16, 15-18.*
- Mejía, M. y Daza, N. (2005). *Monitoreo de las condiciones medioambientales de los ríos Guatapurí y Cesar influenciados por los STAR de Valledupar y la paz.* Corporación Autónoma Regional del Cesar "CORPOCESAR".
- Necchi, O. Jr., Ribeiro, M. y Goes, M. (1991). Macroalgae of a stream in south eastern Brazil. *Hydrobiology, 213: 241-250.*
- Paerl H.W., Tucker C.S. (1995). Ecology of bluegreen algae in aquaculture ponds. *World Aquaculture Society, 26(2):109-131.*
- Peinador, M. (1999). Las cianobacterias como indicadoras de contaminación orgánica. *Revista de Biología Tropical 55.* Obtenido en octubre de 2007, desde www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-567189_ITM
- Proserpi, C., Rodríguez, C., Pierotto, M., Mancini, M., Daga, C., Gonella, M. (2005). Evaluación de la contaminación y eutrofización de aguas superficiales de la provincia de Córdoba. *Temas de Ciencia y Tecnología, 2 (7): 4.* Obtenido en octubre de 2007, desde [www.secyt.unc.edu.ar/Temas/ Temas7/Proserpi.htm](http://www.secyt.unc.edu.ar/Temas/Temas7/Proserpi.htm).
- Quiros, Z., Castro J. (2008). *Evaluación ambiental del vertimiento de las aguas tratadas en el STAR "El Salguero - Valledupar" sobre el río Cesar mediante el uso de diatomeas y macro invertebrados como bioindicadores.* Corporación Autónoma Regional del Cesar "CORPOCESAR".
- Ramírez, P., Martínez, E., Martínez, M. y Eslava, C. (2005). *Cianobacterias,*

microorganismos del fitoplancton. Obtenido en octubre de 2007, desde www.inebgob.mx/publicaciones/libros/440/cap4.html

- Rodríguez, C., Mancini, M., Prospero, C., Weyers, A. (2001). Calidad de agua de una laguna recreacional del centro-oeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Revista AquaTIC*, 12. Obtenido en octubre de 2007 desde www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=98
- SPSS® Real Stats Real Easy. (2004). SPSS for Windows 15.0.
- Zalocar Y., Forastier M. (2005). Cyanophyceae (Cyanobacteria) del nordeste argentino: distribución y diversidad. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005*. Resumen: B-038: 25-29.

*Microbióloga. Universidad Popular del Cesar. e-mail: massielvrg@hotmail.com

**MSc. Microbiología. Universidad Popular Del Cesar. e-mail: licegogo@gmail.com