

*Bol. Centro Invest. Biol.* 35(3) 223 - 241

## CARACTERIZACIÓN DE LA CIANOBACTERIA *Pseudanabaena galeata* A DIFERENTES CONDICIONES DE CULTIVO

Mónica Leal, Neyla Ortiz, Roberta Mora, Gisela Ruiz,  
Elvira Perona y Ever Morales

Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias,  
Universidad del Zulia, Apartado 526.  
Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela. E-mail:everm@iamnet.com

**Resumen.** Se reporta el aislamiento y la caracterización de la cianobacteria filamentososa *Pseudanabaena galeata*, colectada en la represa de Tulé del Estado Zulia, Venezuela. Se estudió la influencia de medios de cultivo (F/2, WC, ALGAL Y BG11), temperatura (25; 30 y 35°C), intensidad luminosa (1; 3 y 6 Klx), salinidad (0; 15 y 35‰) y concentración de fosfato (0,3; 3 y 6 mM) sobre el crecimiento, estimado por la absorbancia a 750 nm, y el contenido de pigmentos en cultivos discontinuos. Los bioensayos, por triplicado, se mantuvieron durante 20-28 días, con un fotoperíodo de 12:12 h y aireación constante, hasta la fase estacionaria. La cianobacteria *Pseudanabaena galeata*, de preferencia bentónica, optimiza su producción de biomasa a 1,0 mg/mL, cuando se cultiva en agua potable no destilada enriquecida con medio de cultivo Algal equivalente a 6,0 mM de Nitrato de Sodio (NO<sub>3</sub>Na), a 30-35°C, 3 Klx, entre 0-15‰ de salinidad y N/P 20:6. Los resultados de los pigmentos obtenidos al final de la fase exponencial fueron superiores en el agua potable sin destilar; este ensayo produjo los máximos valores de ficocianina, clorofila *a* y carotenoides con 68,0; 25,4 y 16,1 µg/mL respectivamente; resultados que le confieren un gran potencial para la producción de pigmentos. Por primera vez en Venezuela se reporta la identificación y aislamiento de una especie de *Pseudanabaena* de interés como fuente de pigmentos. *Recibido:* 01 Diciembre 2000, *aceptado:* 20 Marzo 2001.

**Palabras clave:** cianobacteria, cultivo, pigmentos, *Pseudanabaena galeata*, salinidad.

## CARACTERIZACIÓN DE CIANOBACTERIAS *Pseudanabaena galeata* UNDER DIFFERENT GROWTH CONDITIONS

**Abstract.** The isolation and characterization of filamentous cyanobacterium *Pseudanabaena galeata* from Tulé reservoir, Zulia state, Venezuela is reported. The influence of culture media (F/2, WC, BG 11 and Algal), temperature (25; 30 and 35°C), light intensity (1; 3 and 6 Klx), salinity (0; 1,5 and 3,5‰) and phosphate concentration (0,3; 3 and 6 mM) on growth was studied. Growth was measured by absorbance at 750 nm and pigment content in batch cultures. Culture studies were carried out using 3 replicates during 20-28 days, with a photoperiod of 12:12 h and constant aeration up to the stationary phase. The cyanobacterium *Pseudanabaena galeata* of benthic preference, optimizes its biomass production at 1,0 mg/mL when it is grown in non distilled water enriched with Algal medium equivalent to 6,0 M Sodium Nitrate (NaNO<sub>3</sub>), at 30-35°C, 3 Klx, between 0-15‰ salinity levels and a N/P ratio of 20:6. This cyanobacterium have potential for the production of pigments. The results of pigments obtained at the end of the exponential phase were higher in non-distilled potable water: this experiment produced the highest values for phycocyanin, chlorophyll a and carotenoids (68,0; 25,4 and 16,1 µg/mL respectively), and these results imply a great potential for pigment production. For first time in Venezuela, the identification and isolation of the one specie of *Pseudanabaena* that present an interesting pigments source is reported. *Received:* 01 December 2000, *accepted:* 20 March 2001.

**Key words:** culture, Cyanobacterium, pigments, *Pseudanabaena galeata*, salinity.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, realizar estudios taxonómicos y ecológicos de microalgas y cianobacterias aisladas de represas, constituye un objetivo importante para determinar su utilización como bioindicadores de calidad de aguas, procesos de eutrofización, entre otros usos, así como el interés creciente en el desarrollo de técnicas eficientes para el cultivo de estos microorganismos, debido a que constituyen una fuente de sustancias de uso industrial y farmacológico de gran valor económico.

Las cianobacterias, al igual que las microalgas, son muy importantes en la producción orgánica de las represas de aguas para el consumo humano e industrial. Sin embargo, ciertas cepas de cianobacterias productoras de sustancias tóxicas, tales como *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Cylindrospermopsis raciborski*, pueden alcanzar relevancia cuando sus poblaciones se incrementan mediante los afloramientos masivos, debido a los procesos de eutrofización de las aguas (Carmichael 1992). La identificación de las diversas cepas de cianobacterias presentes en las represas es de suma importancia, ya que pueden ser consideradas como indicadoras de la calidad de las aguas. *Oscillatoria putrida* y *Oscillatoria chlorina* suelen ser aisladas de aguas contaminadas con sustancias orgánicas, mientras que algunas especies de los géneros *Calothrix*, *Tolypothrix*, *Anabaena* y *Nostoc* se han correlacionado con bajos niveles de nutrientes o de aguas de buena calidad (Perona, Comunicación personal 1995).

En la represa de Tulé, Estado Zulia, Venezuela, se han realizado estudios sobre la productividad primaria y su relación con algunos parámetros físico-químicos (Páez, Comunicación personal 1995), y sobre la taxonomía del fitoplancton (Yacubson 1980). Sin embargo, son necesarios estudios taxonómicos, fisiológicos y ecológicos de las cianobacterias presentes en las represas debido a que es indispensable el control o manejo de las diferentes poblaciones en casos de eutrofización, así como el de obtener cepas de cianobacterias de interés biotecnológico.

En este trabajo se caracterizó a la cianobacteria filamentosa *Pseudanabaena galeata*, aislada de la represa de Tulé, a diferentes condiciones de cultivo tales como el medio de cultivo, la salinidad, la temperatura, la intensidad luminosa y concentraciones de fosfato de sodio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** El embalse de Tulé se encuentra ubicado en la costa Noroccidental del Lago de Maracaibo, en la jurisdicción del Municipio Mara del estado Zulia, Venezuela, entre las coordenadas

geográficas de 10° 58' Latitud Norte y 79° 08' Longitud Oeste. Se realizaron las colectas de muestras de agua para el estudio de la microflora presente en las estaciones de muestreo de la entrada del Río Cachirí al embalse Tulé, trasvase Manuelote-Tulé, salida del agua del embalse y en la entrada del Caño Colorado al embalse Tulé.

**Cianobacteria estudiada:** La cianobacteria se aisló de acuerdo a las técnicas de micropipetas y de dilución en serie, y se identificó siguiendo las claves de Hoffman (1988), las claves dicotómicas revisadas por Komárek y Anagnostidis (1989) y Anagnostidis y Komárek (1990).

**Condiciones de cultivo:** Los experimentos se desarrollaron por triplicado para cada tratamiento, a un volumen de 150 mL y los cultivos se mantuvieron a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , con un ciclo de luz: oscuridad de 12:12 h, bajo aireación constante y durante un período 18-30 días aproximadamente.

Todos los experimentos se iniciaron con un inóculo equivalente a una absorbancia de 0,1 mediante utilización de un Spectronic 21 a una longitud de onda de 750 nm.

## EXPERIMENTOS

Los estudios fisiológicos comprendieron el análisis del efecto de los diferentes medios de cultivo, temperatura, salinidad, intensidad luminosa y concentración de fosfato de sodio sobre el crecimiento de la cianobacteria.

**Influencia de medios de cultivo:** La influencia de los medios de cultivos se detectó utilizando agua destilada previamente esterilizada y enriquecida con los medios Algal, BG-11, F/2 y WC. Para cada tratamiento se utilizó un volumen de 250 mL en fiolas de 500 mL y por triplicado, a una temperatura de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo 12:12 h, aireación constante, durante 24 días.

**Medio Algal** (Fábregas *et al.* 1984). Este es un medio ampliamente utilizado para el cultivo de cianobacterias y ha dado muy buenos resultados para el cultivo de microalgas. En este experimento se

utilizaron concentraciones de 6 mM de Nitrato. Este medio es rico en vitaminas y nutrientes esenciales como fosfato, sales de hierro, cobalto, zinc, manganeso, cobre, molibdeno y EDTA.

**Medio BG11** (Rippka 1988). Especialmente recomendado para el cultivo de cianobacterias, debido a su alta concentración de Nitrato de Sodio 17mM, además presenta sales de Calcio, Magnesio, Cobre, Manganeso, Zinc, Molibdeno, Borato y EDTA.

**Medio Guillard "F/2"** (Guillard 1975). Este medio es recomendado especialmente para el cultivo de microalgas marinas. Es rico en silicato y borato, pero pobre en fosfato, sales de hierro, cobalto, zinc, manganeso, cobre, molibdeno y EDTA. Para estos ensayos, se evaluó el crecimiento de la cianobacteria a 4,4 mM de Nitrato.

**Medio WC** (Guillard 1975). Utilizado para el cultivo de especies de agua dulce, tiene una concentración de 1mM de Nitrato. Contiene Bicarbonato de Sodio, Cloruro de Calcio, Silicato y Sulfato Magnesio y una baja concentración de Fosfato (0,05 mM).

**Análisis químico del agua:** Se tomaron muestras de agua potable no destilada y destilada para el análisis de los aniones Sulfato, Nitrato y Nitrito y de los cationes: Calcio, Magnesio, Cobre, Potasio, Hierro, Zinc y Amonio, utilizando técnicas estándar (APHA 1992).

**Influencia del agua potable no destilada y agua potable destilada en el crecimiento de la *Pseudanabaena galeata*:** Se realizó un estudio comparativo para evaluar la influencia del agua potable no destilada sobre el crecimiento de la cianobacteria, utilizando como control agua destilada autoclavada. Para cada tratamiento se utilizó un volumen de 250 mL en fiolas de 500 mL y por triplicado. Los cultivos se mantuvieron a una temperatura de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo 12:12 h y aireación constante, durante 24 días. Se determinó el crecimiento mediante absorbancia y el contenido de pigmentos.

**Caracterización morfológica:** Las características morfológicas se determinaron en cultivos líquidos y sólidos mediante la observación al microscopio con cámara clara.

**Medio líquido:** Para este experimento se inició un cultivo con un inóculo de 0,4 de absorbancia medida a 750 nm, en dos envases de vidrio de 4,5 litros con y sin aireación, a un volumen de 2250 mL de agua potable estéril y enriquecida con medio de cultivo Algal, a una concentración equivalente de 6 Mm de Nitrato de Sodio.

**Medio sólido:** Se prepararon placas con Agar al 15%, y enriquecidas con medio Algal a la concentración indicada en los cultivos líquidos y otras con medio de cultivo BG11 a 17mM de Nitrato. Ambos tipos de cultivos, se realizaron por triplicado y se mantuvieron durante 1-3 meses, con un fotoperíodo luz: oscuridad 12:12 h y a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ .

**Medidas de longitud de los filamentos:** La longitud y ancho de los filamentos se determinaron como carácter taxonómico del género *Pseudanabaena*. Se emplearon cultivos por duplicado con y aireación en fiolas de 500 mL a un volumen de 150 mL y mantenidos a un fotoperíodo de 12:12 h, a 3 Klx y  $30^\circ\text{C}$ . Cada dos días se seleccionaron 30 filamentos al azar y se midieron mediante el uso de un micrómetro ocular y de platina cada dos días durante un lapso de trece días.

**Influencia de la salinidad:** Se realizaron cultivos por triplicado a 0; 15 y 35‰. Para ello, se utilizó agua potable destilada no salina y agua de mar ajustada a las salinidades de 15 y de 35‰. Ambas enriquecidas con medio Algal 6mM de Nitrato y BG11 17mM de Nitrato.

**Influencia de la temperatura:** La temperatura se evaluó a 25; 30 y  $35^\circ\text{C}$ . Para cada tratamiento se utilizó un volumen de 250 mL en fiolas de 500 mL. Los cultivos, por triplicado, se mantuvieron a una temperatura de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo 12: 12 h y aireación constante, durante 36 días.

**Influencia de la intensidad luminosa:** Se evaluó el efecto de la intensidad luminosa a 1; 3 y 6 Klx., sobre el crecimiento de la cianobacteria mediante el uso de lámparas fluorescentes colocadas lateralmente. Para cada tratamiento por triplicado se utilizó un volumen de 250 mL de cultivo en fiolas de 500 mL. Los cultivos se mantuvie-

ron a una temperatura de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo 12:12 h y aireación constante, durante 27 días.

**Influencia de la concentración del fosfato de sodio:** El efecto de la concentración de fosfato se evaluó a 0,3; 3,0 y 6,0 mM, lo cual correspondió con una relación de N/P de 20:6, 10:3 y 1:0,3, respectivamente. Para cada tratamiento se utilizó un volumen de 250 mL en fioas de 500 mL. Los cultivos por triplicado se mantuvieron a una temperatura de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo 12: 12 h y aireación constante, durante 36 días.

**Análisis estadístico:** A los datos obtenidos, por triplicado, se les aplicaron cálculos de estadística descriptiva: promedios aritméticos y la determinación de la varianza utilizando la Prueba de Scheffe; para analizar los valores de los promedios comparando el valor de las medias aritméticas con el valor crítico se utilizó el programa estadístico StatMost for Windows versión 3,0 (StatMost Corporation 1995).

## RESULTADOS

**Influencia de los medios de cultivo:** En la Figura 1 se muestra la influencia de los diferentes medios de cultivo ensayados. En la misma se observa que en los medios de cultivo F/2 y WC, no hubo crecimiento. Mientras que los medios BG 11 y Algal lograron una curva de crecimiento con un clímax a los 18 días, notándose un mayor crecimiento en el medio Algal.

En la Tabla 1, se muestra la diferencia significativa entre los parámetros por medio del uso de la prueba de Scheffe para medir el grado de significancia, en la cual se puede observar que la relación BG 11 vs Algal presenta una diferencia significativa de 0,2330, con un nivel de significancia de 0,05.

**Análisis químico del agua:** Las mayores concentraciones de estos aniones y cationes se obtuvieron en el agua potable no destilada (Tabla 2).

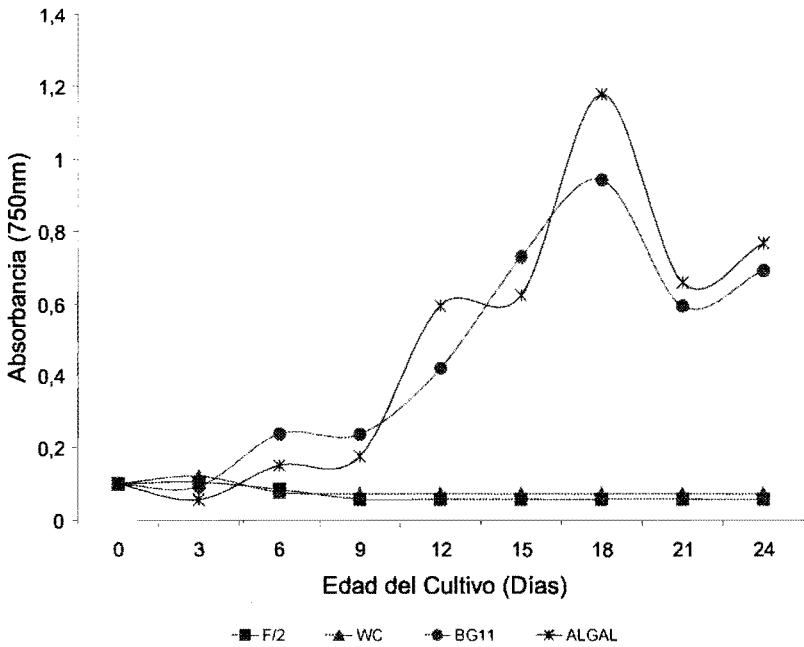


FIGURA 1. Influencia de los diferentes medios de cultivo sobre el crecimiento de la cianobacteria *Pseudanabaena galeata*.

TABLA 1. Análisis Estadístico. Prueba de Scheffe.

VARIABLES	DIFERENCIA	SIGNIFICANCIA
BG-11 vs Algal	0,2330	+
BG-11 vs F/2	0,8380	+
BG-11 vs WC	0,8220	+
Algal vs F/2	1,0710	+
Algal vs WC	1,0550	+
F/2 vs WC	0,0160	+
H <sub>2</sub> O no destilada vs H <sub>2</sub> O destilada	0,2410	+
Salinidad 0‰ vs 15‰	0,0750	+
Salinidad 0‰ vs 35‰	1,0190	+
Salinidad 15‰ vs 35‰	0,9440	+



TABLA 2. Análisis químico del agua potable no destilada (AP) y agua potable destilada (AD) en mg/L.

Análisis	Sulfato	Dureza	Cloruros	Nitratos	Nitrito	Ca	Mg	Cu	K	Fe	Zn	Amonio
AD	2,81	10	1,77	0,01	<0,002	0,17	<0,40	15,50	<0,03	13,34	0,017	0,08
AP	5,41	100	14,40	0,04	<0,002	32,03	8,38	28,66	2,52	50	0,222	0,09
AP/AD	1,9	10	8,1	4	1	188,4	20,9	1,8	84	3,7	13,06	1,1

No fue detectado carbonato.

TABLA 3. Contenido de pigmentos ( $\mu\text{g/mL}$ ) de la cianobacteria *Pseudanabaena galeata* cultivada en agua potable destilada (AD) y no destilada (AP).

TIPOS DE AGUA	CLOROFILA a	CAROTENOIDES	FICOCIANINA
AD	8,9	3,2	24,0
AP	25,4	16,1	68,0

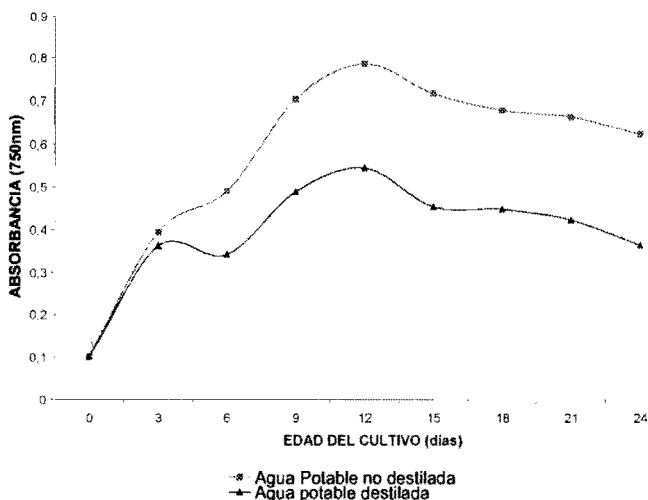


FIGURA 2. Influencia del agua potable destilada y no destilada sobre el crecimiento de *Pseudanabaena galeata*.

**Influencia del agua potable destilada y no destilada:** Los cultivos con agua potable no destilada incrementaron el crecimiento 1,44 veces con respecto al obtenido con agua potable destilada con una diferencia significativa de 0,241 (Fig. 2 y Tabla 1). Asimismo, produjeron mayor contenido de clorofila *a*, carotenoides y ficobilinas (Tabla 3).

Se observa una ligera variación de las concentraciones de los aniones y cationes entre las evaluaciones realizadas a las muestras de agua potable destilada y sin destilar. Sin embargo, el contenido de Hierro, Cobre, Magnesio, Zinc y Calcio el agua potable sin destilar es respectivamente 3,7; 1,8; 20,9; 13,1 y 188,4 veces más elevado en comparación al agua destilada utilizada (Tabla 2).

**Características morfológicas:** *Pseudanabaena galeata*, presentó el típico crecimiento filamentososo en medio sólido, de aspecto brillante, claramente verde azulado y sin producción de olor.

Los filamentos muestran al microscopio una longitud muy variable, destacando las menores dimensiones en los cultivos sin aireación en comparación con los que si la presentaban. Los filamentos están formados por células más o menos cilíndricas, con el extremo

redondeado, y recubiertos con una vaina fina (Perona, Comunicación personal 1995). El tamaño celular oscila de  $1,8 \pm 0,86 \mu\text{m}$  de ancho y  $2,6 \pm 0,71 \mu\text{m}$  de largo. Los filamentos se caracterizaron por presentar aerotopos, aunque su presencia no es constante; carecen de heterocistos y acinetos, y generalmente nunca forman individuos de dos células.

En cultivos de 2,250 L, sin aireación, se determinó un crecimiento con preferencia a adherirse al fondo y a las paredes del envase de vidrio. Por el contrario, cuando los cultivos se mantuvieron con agitación, en ciertos casos, la cianobacteria formó pequeños flóculos y en otros se distribuyó uniformemente en todo el medio líquido. También se formaron filamentos asociados en forma de tapices en la superficie del cultivo.

**Influencia de la salinidad:** Esta cianobacteria aislada de un cuerpo de agua dulce es capaz de crecer hasta 15‰ y exhibió inhibición a 35‰. En el medio BG-11 a 15‰, alcanzó el 83,4% del crecimiento obtenido en el control no salino (Figs. 3 y 4). Aunque posiblemente las fluctuaciones observadas en 0‰, se debió a la ausencia

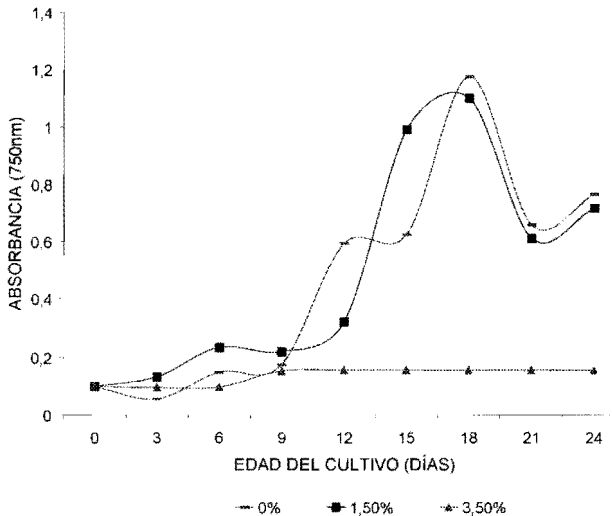


FIGURA 3. Influencia de la salinidad sobre el crecimiento de *Pseudanabaena galeata* en medio de cultivo Algal.

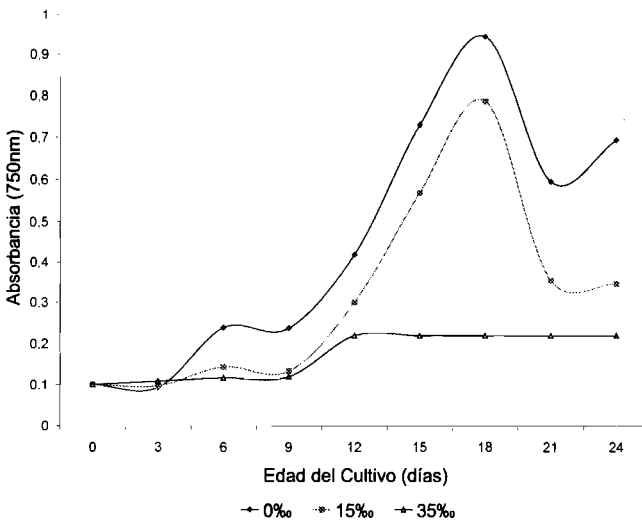


FIGURA 4. Influencia de la salinidad sobre el crecimiento de *Pseudanabaena galeata* en medio de cultivo BG-11.

de este estímulo, no obstante, existe una diferencia significativa de 0,075 con un grado de significancia de 0,05 (Tabla 1).

**Influencia de la temperatura:** *Pseudanabaena galeata* presentó un rango óptimo del crecimiento entre 30 y 35°C (Fig. 5), mientras que al cultivarse a 25°C se produjo un descenso de la absorbancia en un 25%, en relación a la obtenida a 30 y 35°C. Los máximos valores encontrados en la producción de pigmentos fotosintéticos para este ensayo, se obtuvieron entre 25 y 30°C (Tabla 4).

**Influencia de la intensidad luminosa:** La Figura 6 muestra que los valores más altos en el crecimiento de la cianobacteria sometidas a 1; 3 y 6 Klx se produjeron a los 15 días de iniciado el cultivo, mostrando el crecimiento más pronunciado en los cultivos sometidos a 3 Klx. Los máximos valores de pigmentos se obtuvieron con la intensidad luminosa de 1 y 3 Klx (Tabla 5).

**Influencia de la concentración del fosfato de sodio:** La Figura 7 muestra que el crecimiento de *P. galeata*, sometida a las diferentes concentraciones de fosfato, alcanzando los mayores valores a los doce días de iniciado el cultivo.

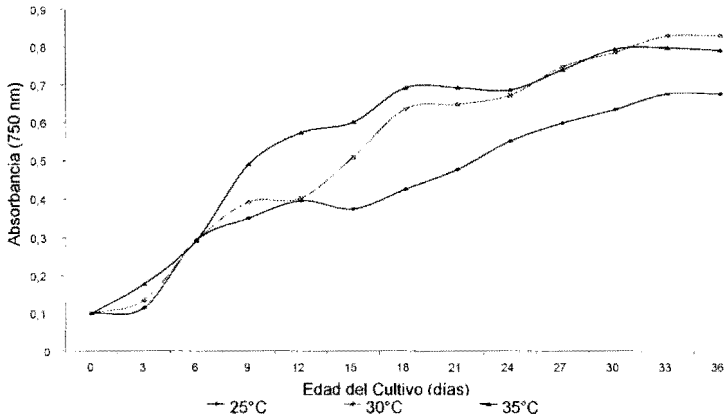


FIGURA 5. Influencia de la temperatura sobre el crecimiento de *Pseudanabaena galeata*.

TABLA 4. Influencia de la temperatura en la producción de pigmentos ( $\mu\text{g/mL}$ ) de la cianobacteria *Pseudanabaena galeata*.

Temperatura (°C)	Edad del cultivo	Clorofila a	Carotenoides	Ficocianina
25	30 días	15,5	4,85	23,0
30		16,0	5,5	24,0
35		12,1	5,8	6,7

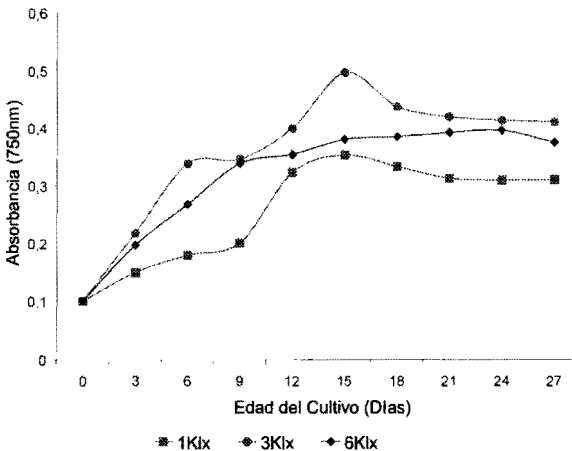


FIGURA 6. Influencia de la intensidad luminosa sobre el crecimiento de *Pseudanabaena galeata*.

TABLA 5. Influencia de la intensidad luminosa en la producción de pigmentos ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) de la cianobacteria *Pseudanabaena galeata*.

Intensidad Luminosa (Klx)	Edad del cultivo	Clorofila a	Carotenoides	Ficocianina
1	27 días	6,12	1,7	99,2
3		7,1	2,15	99,2
6		3,8	1,4	61,8

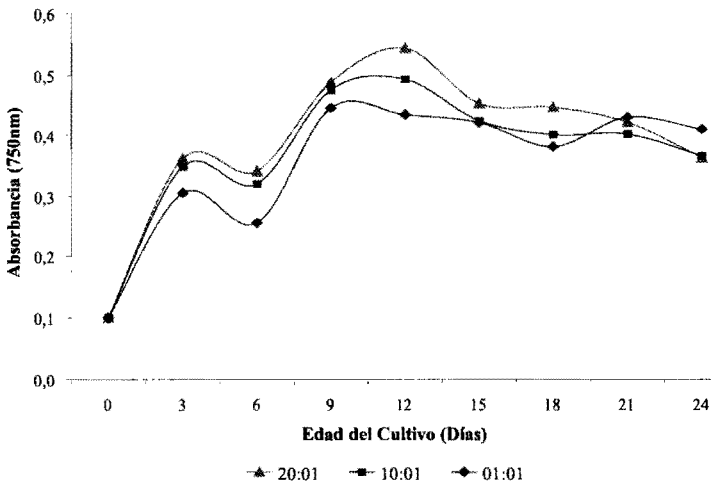


FIGURA 7. Influencia del fosfato sobre el crecimiento de *Pseudanabaena galeata*.

## DISCUSIÓN

La cianobacteria experimentó un mayor crecimiento en el medio algal, en términos de medidas de turbidez y observación de la coloración verde-azulada típica de cultivos en óptimas condiciones. Esto es debido probablemente a la presencia de vitaminas y de concentraciones más elevadas de Fosfato, sales de Hierro, Cobalto, Zinc, Manganeso, Cobre, Molibdeno y EDTA, en comparación con el medio BG 11; el cual es el más enriquecido con Nitrato ( $17 \text{ mM } \text{NO}_3$ ). Aunque, no logró inducir un mayor crecimiento como lo hace el medio algal, a pesar de ser exclusivo para cultivo de cianobacterias.

El poco crecimiento obtenido por la cianobacteria cultivada con medio WC, probablemente sea debido a que ésta está limitada por nitrógeno (1mM  $\text{NO}_3$ ). Aunque contiene Bicarbonato de Sodio, Cloruro de Calcio, Silicato y Sulfato de Magnesio no logran mejorar el crecimiento de la cianobacteria tal como lo produce el medio Algal.

El medio Guillard "F/2", enriquecido con silicato y borato, no es suficiente en fosfato, ni sales de hierro, cobalto, zinc, manganeso, cobre, molibdeno y EDTA como lo contiene el medio Algal. Es posible que a la concentración a la cual estén en el medio Algal, la cianobacteria sea capaz de obtener un mejor crecimiento en términos de desarrollo de filamentos y pigmentos, con respecto a los demás medios de cultivos evaluados. En microalgas marinas también se han obtenido excelentes resultados con este medio de cultivo (Fábregas *et al.* 1984, 1996). No obstante, el medio de cultivo Guillard "F/2" es el más utilizado en los laboratorios de investigación y de acuicultura (Guillard 1975, 1982, Shioji *et al.* 1992).

Las mayores concentraciones de aniones y cationes se obtuvieron en el agua potable no destilada, lo cual enriquece al medio de cultivo. Esto indica que el agua potable no destilada podría contribuir al incremento y la disponibilidad de nutrientes existentes en el medio de cultivo, de tal manera que la estimulación del crecimiento y producción de pigmentos podría estar relacionada con esta variación en la concentración de micronutrientes.

La modalidad del crecimiento de la cianobacteria filamentosa *Pseudanabaena galeata* en cultivos no aireados confirma su comportamiento bentónico (Fay 1983). Cuando el cultivo es aireado, parte de la población de la cianobacteria tiende a colocarse en la superficie del agua a manera de manto o alfombra. Esto puede obedecer a la presencia de vesículas de gas o aerotopos característico de este género (Whitton 1992). Es decir, la tendencia de permanecer fijada en el fondo del envase es indicativa del tipo de hábitat. Algunas especies de *Pseudanabaena* presentes en el Lago Castaic al Sureste de California Estados Unidos se diferencian de la cianobacteria aislada en el presente estudio por su comportamiento planctónico,

por ser productoras de olor y no poseer vaina mucilaginosa (Izaguirre y Taylor 1998).

La utilización de la criopreservación como método de mantenimiento de la cepa a bajas temperaturas, indicó que la misma sufre ruptura celular debido a la liberación de ficocianina, con lo cual no preserva totalmente a la cepa para su posterior cultivo.

El recuento de los filamentos y la determinación de la clorofila, resultó ser más confiable como medida de crecimiento que el espectrofotométrico, debido a las bacterias asociadas y detritos incluidos en el cultivo.

La evaluación de la capacidad de adaptación o resistencia a la salinidad indicó que la cianobacteria no tolera un ambiente marino. *Pseudanabaena galeata* fue aislada de una represa de agua dulce. Sin embargo, en condiciones de laboratorio presentó tolerancia hasta un 15‰ de salinidad. Es posible, que el crecimiento obtenido estuvo en función de los nutrientes disueltos en el agua de mar utilizada para este ensayo.

*Pseudanabaena galeata* obtuvo un rango óptimo de crecimiento a las temperaturas de 30 y 35°C, con lo cual se confirmó su adaptación a ambientes tropicales. En cuanto al contenido de pigmentos, este fue menor a 35°C (Tabla 4). Es posible que las temperaturas superiores a 30°C ocasionen una disminución de los pigmentos accesorios (Sid'ko *et al.* 1975).

La estimulación del crecimiento a bajas intensidades luminosas hasta 3 Klx, posiblemente indique la capacidad de la cianobacteria de colonizar lechos de cuerpos de aguas dulce a medianas profundidades y a presentar un comportamiento bentónico.

## CONCLUSIONES

Los estudios morfológicos y fisiológicos realizados en cultivos líquidos y sólidos demuestran que la cianobacteria filamentosa corresponde a la especie *Pseudanabaena galeata*, de acuerdo a las características taxonómicas observadas.



*Pseudanabaena galeata* exhibe un crecimiento óptimo en condiciones de laboratorio cuando se cultiva con agua potable no destilada enriquecida con nutrientes del medio Algal, equivalente a 6.0 mM de Nitrato (NO<sub>3</sub>), entre 0 y 15‰ de salinidad, a una intensidad luminosa de 3-6 Klx y a una temperatura de 30-35°C. Sin embargo, parece depender más del nitrógeno que del fosfato para su crecimiento. En relación a la producción de pigmentos esta cianobacteria, de posible hábitat bentónico, incrementa la producción de ficocianina, clorofila y carotenoides hasta una temperatura de 30°C y a una intensidad luminosa de 3 Klx al final de la fase estacionaria de crecimiento.

### AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES), y la colaboración prestada por el Instituto para el Control y Conservación de la Cuenca del lago de Maracaibo (ICLAM).

### LITERATURA CITADA

- APHA. 1992. Standard Methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association, AWWA, WPCF, Washington (USA).
- ANAGNOSTIDIS, K. y J. KOMÁREK. 1990. Modern Approach to the Classification System of Cyanophytes. 5-Stigonematales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 86. Algological Studies, 59: 1-73.
- BENNETT, A. y L. BOGORAD. 1973. Complementary chromatic adaptation in a filamentous blue-green algae. J. Cell Biol. 58: 419-435.
- BRITTON, G. 1985. General carotenoids methods. Methods in enzymology, 111, 113-158.
- CARMICHAEL, W. 1992. Cyanobacteria Secondary and Metabolites-the Cyanotoxins. J. Applied Bacteriology 72: 445-459. Científica Venezolana, 27: 66.
- FAY, P. 1983. The blue-greens. Studies in biology/Institute of Biology, n° 160. (Ed.) Edward Arnold Ltd. London.

- GUILLARD, R. R. L. 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In: Culture of marine invertebrate animals. (Ed.) By W. L. Smith and M. H. Chanley. New York, pp 29-60.
- HOFFMAN, L. 1988. Algae of terrestrial hábitats. Bot. Rev. 55: 77-105
- FÁBREGAS, J., M. PATIÑO, E. MORALES, B. CORDERO y A. OTERO. 1996. Optimal renewal rate and nutrient concentration for the production of the marine microalgae *Phaeodactylum tricornutum* in semicontinuous culture. Applied and environmental microbiology. 62: 266 – 268.
- FÁBREGAS, J., J. ABALDE, C. HERRERO, B. CABEZAS y M. VEIGA. 1984. Growth of the marine microalga *Tetraselmis suecica* in batch cultures with different sanities and nutrients concentrations Aquaculture. 42: 207-215.
- IZAGUIRRE Y y W. TAYLOR. 1998. A *Pseudanabaena* species from Castaic Lake, California, that produces 2- methyl soborneol. Wat. Res. 32(5): 1673 – 1677.
- KOMÁREK, J. y K. ANAGNOSTIDIS. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4- Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 82.3, Algological Studies. 56: 247-345.
- MARKER, A., E. NUSCH, H. RAI y B. RIEMANN. 1980. The measurement of photosynthetic pigments in freshwater and standardization of methods: conclusions and recommendations. Arch. Hydrobiol., Ergebn. Limnol. 14: 91-106.
- RIPPKA, R. 1988. Isolation, Identification and Culturing of Cyanobacteria. Methods Enzymology, 167: 27-100.
- SID'KO, F., BERESNEV G., GEVEL L., N. EROSIN, y V. ZACHAROVA. 1975. Efficiency of photosynthesis in influenced by irradiance and temperature. Botanic marine, p. 92-96.
- SHIOJI, N.; M. NEGORO, Y. IKUTA, T. MAKITA y M. UCHIUMI. 1992. Growth characteristics of microalgae in high concentration CO<sub>2</sub> gas, effects of culture medium trace components and impurities thereon. Applied Biochemistry and Biotechnology. 34/35: 681 – 692.
- WHITTON, B. 1992. Diversity, Ecology, y Taxonomy of the Cyanobacteria. En: Photosynthetic Prokaryotes N.H. y N.G. Carr (Eds.). Plenum Press, 1-51.

- WYMAN, M. y P. FAY. 1986. Underwater light climate and the growth and pigmentation of planktonic blue-green algae (Cyanobacteria) I. The influence of light quantity. Proc. R. Soc. Lond. B. 227, 367-380.
- YACUBSON, S. 1980. The Phytoplankton of Some Freshwater Bodies From Zulia State (Venezuela). Nova Hedwigia, 33: 279-339.