

Efecto tóxico del efluente de una planta productora de sal (amargos) sobre *Dunaliella viridis*, *Chaetoceros* sp y *Synechococcus* sp

Alanis R. Ulasio¹, Mayela Yépez² y Ever Morales³

¹Gaia Instituto de Ambiente (GIA). Maracaibo, Venezuela.

²Departamento de Biología, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela.

³Laboratorio de Microorganismos Fotosintéticos, Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela.

alanisulasio@gmail.com; mayelay@cantv.net; evermster@gmail.com

Resumen

Este estudio evaluó el efecto tóxico del efluente de una planta productora de sal (amargos) sobre *Dunaliellaviridis*, *Chaetoceros*sp y *Synechococcus*sp. Las muestras fueron colectadas en las lagunas de depósitos de amargos, ubicada en la Salina Industrial que opera al sureste de la Ciénaga Los Olivitos, Estado Zulia, Venezuela. Las condiciones de nutrientes fueron modificadas de acuerdo a los bioensayos realizados. Se realizaron diluciones del efluente para lograr diferentes concentraciones: 100%, 75%, 50%, 25%, 10% y 5%, así evaluar la toxicidad de los amargos sobre microalgas y cianobacterias. Los efectos de toxicidad medidos a través del incremento celular, reflejó que la composición de los amargos no es suficientemente tóxica para inhibir totalmente el crecimiento de los microorganismos, mostrando incremento celular entre 23-160 UPS a las 24 h de exposición. Se concluye que las altas concentraciones de sustancias orgánicas e inorgánicas, y la elevada salinidad afecta parcialmente a microalgas y cianobacterias.

Palabras clave: amargos, microalgas, cianobacterias, remoción, salina industrial, medio hipersalino.

The Toxic Effect of Effluent from a Salt Production Plant (bitter) on *Dunaliella viridis*, *Chaetoceros* sp. and *Synechococcus* sp

Abstract

This study evaluated the toxic effects of effluent from a plant producing salt (bitter) on *Dunaliellaviridis*, *Chaetoceros* sp. and *Synechococcus* sp. Samples were collected from bitter deposit lagoons, located in the *Salina Industrial*, operating southeast of the *Olivitos* swamp. Nutrient conditions were modified according to the bioassays. Effluent dilutions were performed to achieve different concentrations: 100%, 75%, 50%, 25%, 10% and 5% to assess the toxicity of the bitter effluents on microalgae and cyanobacteria. Toxicity effects measured through cell increase reflected that the composition of the bitter effluent is not toxic enough to completely inhibit the growth of microorganisms, showing cell increases between 23-160 UPS at 24 h of exposure. Conclusions were that high concentrations of organic and inorganic substances and high salinity partially affect microalgae and cyanobacteria.

Keywords: bitter, microalgae, cyanobacteria, removal, industrial salt, hypersaline medium.

Introducción

El crecimiento de la población humana ha generado un aumento en la producción industrial, ha provocado el incremento de las descargas de aguas residuales, las cuales contienen gran variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas, representadas por macro y microelementos, que pueden producir efectos tóxicos sobre los organismos acuáticos. Por ende, algunas de estas sustancias, entre las que se destacan: sólidos disueltos, nitrógeno, aluminio, sulfatos, entre otros, pueden ser muy tóxicas en forma aislada, pero su efecto tóxico puede estar mitigado o aumentado dando origen a acciones antagónicas y/o sinérgicas, cuando se encuentra formando parte de un efluente debido a la interacción con otros compuestos [14].

Por tanto, la toxicidad de un efluente no puede ser entendida, ni explicada, solamente por el análisis de las concentraciones de sustancias o parámetros individuales. Por el contrario, es la resultante de la interacción, sinérgica o antagonista, de cada uno de los componentes físicos y químicos que componen los efluentes [6].

A la luz de lo antes planteado se presenta este trabajo con el objeto de determinar el efecto tóxico del efluente de una planta productora de sal (amargos) sobre el crecimiento de *Dunaliella viridis*, *Chaetoceros* sp y *Synechococcus* sp.

Materiales y métodos

Las muestras del efluente del proceso de producción industrial de sal por evaporación solar, fueron colectadas de las lagunas de depósito y/o almacenamiento del efluente para su disposición final (lagunas de amargos), ubicada en la *Salina Industrial* de Los Olivitos, bajo las siguientes condiciones físicas y químicas: pH (7,2), densidad (1,2159 g/mL), salinidad como NaCl (256430 g/mL), temperatura (28 ± 5), entre otras.

Los cultivos se realizaron en un volumen total de 150 mL, tanto con agua de chorro como del efluente (amargos) y previamente *autoclavados* a 120 °C durante 20 minutos. Para lograr la variedad de concentraciones, se realizaron diferentes diluciones: 100% (320 UPS), 75% (205 UPS), 50% (160 UPS), 25% (97 UPS), 10% (39 UPS) y 5% (23 UPS), enriquecidos con NITROFOSKA (2 mL/L). Los tratamientos realizados se hicieron por triplicado, inoculando para cada serie de diluciones, una densidad celular de $2,0 \times 10^6$ cel.mL⁻¹, de *Dunaliellaviridis*, *Chaetoceros* sp y *Synechococcus* sp, provenientes de las cepas de colección (Tabla 1).

La población de los organismos presentes en los ensayos, se determinó mediante recuento celular a través de un microscopio óptico binocular *Olympus* y un contador manual en Cámara de *Neubauer* de 0.1 mm de profundidad [1].

Se determinaron la velocidad de crecimiento (μ), expresada en div.días⁻¹ y el tiempo de duplicación (Td) ex-

Tabla 1. Tratamientos realizados para evaluar el efecto del efluente salino en *Dunaliella viridis*, *Chaetoceros* sp y *Synechococcus* sp.

% Dilución	Cantidad de amargos y de agua (mL)		Microalgas	Fertilizante
100%	150 mL	Amargos		
75%	113 mL	Amargos	37 mL Agua de Chorro	
50%	75 mL	Amargos	75 mL Agua de Chorro	Inóculo de Microalga ($2,0 \times 10^6$ cel.mL ⁻¹)
25%	38 mL	Amargos	112 mL Agua de Chorro	NITROFOSKA (2 mL/L)
10%	15 mL	Amargos	135 mL Agua de Chorro	
5%	8 mL	Amargos	142 mL Agua de Chorro	

presado de igual forma en días [10]. Para los cálculos estadísticos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y diferencia de medias ($p < 0,05$). Siguiendo la metodología establecida por SPSS, versión 12,0 para Windows.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en este ensayo indican importantes variaciones en el efecto tóxico del efluente salino en los organismos utilizados para este experimento. El índice de mortalidad de *Dunaliella viridis* fue inversamente proporcional a la concentración del efluente de producción industrial de sal (amargos), por cuanto los valores mostraron un efecto letal e inhibitorio en las concentraciones más altas de los tratamientos analizados. Es decir, al medirse la población a las 24 horas expuesta a la máxima concentración salina, se observó un total efecto letal sobre la microalga. Sin embargo, el incremento de la densidad celular reportado correspondió a los tratamientos con menores y medianas concentraciones del efluente, a 23 UPS (5%), 39 UPS (10%), 97 UPS (25%) y 160 UPS (50%) de los tratamientos (Figura 1).

Los valores obtenidos para este ensayo, corroboran que el crecimiento celular se vio seriamente inhibido, registrándose valores poco significativos entre las poblaciones expuestas a concentraciones de 50% y la inhibición total del crecimiento a 75% y 100%. El máximo valor de densidad celular a las 120 horas, correspondió a la salinidad de 23 UPS (5%) con $0,46 \times 10^6$ cel.mL⁻¹. A esta salinidad, la microalga mantuvo un crecimiento sostenido con el tiempo de exposición.

En cuanto a los parámetros de crecimiento de *D. viridis*, se reportaron diferencias significativas (Tabla 2 y 3) entre las distintas salinidades, con la mayor tasa de crecimiento ($\mu = 0,07$) correspondientes al 25% (97 UPS) y al 10% (39 UPS).

Los resultados reportados en este ensayo, demuestran la independencia expuesta en el análisis estadístico, que

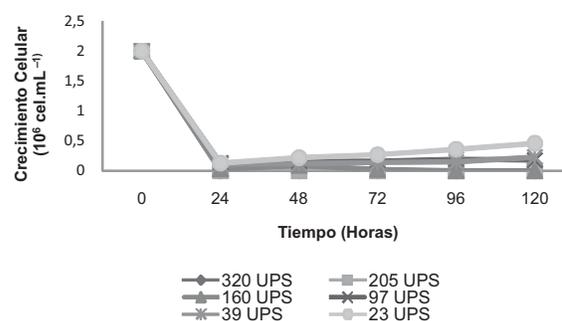


Figura 1. Crecimiento de *Dunaliella viridis* (cepa de colección) a diferentes diluciones del efluente (amargos).

expresa que el incremento celular significativo de *D. viridis* es proporcional a la concentración de nutrientes. Por tanto, se corrobora lo planteado por [4] que destaca que la carga excesiva de nutrientes en el agua, principalmente de nitrógeno (N) y fósforo (P), transforma al otro en un nutriente limitante para el crecimiento algal, de modo que solo aquellas especies que sean capaces de desarrollar estrategias determinadas podrán superar esta carencia.

Destaca que los nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo de las microalgas varían de acuerdo a las necesidades del organismo que se cultiva, los cuales siendo microelementos o elementos trazas, actúan como reguladores osmóticos, formando parte de la estructura celular o contribuyendo a la actividad de diversas enzimas [18].

Diversos estudios han demostrado que el crecimiento constante y la degradación de elementos químicos por *Dunaliella* puede verse afectado mediante variaciones de salinidad, intensidad luminosa, temperatura, pero también por la concentración de nutrientes, por cuanto afectan un porcentaje considerable de la producción interna de pigmentos y otros provitámicos necesarios para adaptarse a condiciones extremas [7].

Otros estudios comprueban, como uno de los problemas mayormente asociados a la contaminación de los ambientes

Tabla 2. Efecto de la salinidad sobre la cinética de crecimiento de *Dunaliella viridis*.

Salinidad (UPS)	μ	Td
320	~	~
205	~	~
160	0,03	23,10
97	0,07	9,90
39	0,07	9,90
23	0,02	34,65

μ = Velocidad de crecimiento. Td = Tiempo de duplicación. (~) La población expuesta a 320 UPS y 205 UPS no sobrevivió antes de las 24 horas de iniciado el experimento.

Tabla 3. Análisis de varianza del crecimiento de *Dunaliella viridis* en diferentes concentraciones de amargos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	GL	Prom. de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Concentración Amargos	2898,45	5	579,69	9,63	1,45	2,53
Edad del Cultivo	1804,98	30	60,16			
Total	4703,43	35				

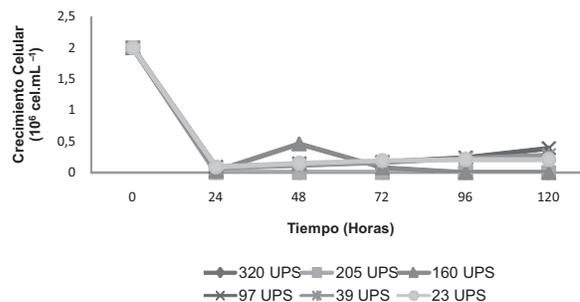
acuáticos, es la toxicidad ejercida por diferentes compuestos, entre los que más se destacan los metales pesados.

Se reportó la capacidad de adaptación y el efecto tóxico a escala cualitativa de *D. viridis* y *Scenedesmus* sp, con la exposición a diferentes concentraciones de cloruro de cadmio, obteniéndose para ambos casos una disminución del crecimiento proporcional a la concentración de los organismos expuestos, a pesar de una viabilidad celular constante [11]. Por ello, se hace necesario resaltar cómo las microalgas presentan la capacidad de acumular e inducir mecanismos de resistencia al estrés producido por la exposición a ciertos metales, con la consiguiente disminución de su actividad tóxica.

Por otra parte, expresa que el calcio y las sales de magnesio en concentraciones bajas, provocan una desorganización celular en la microalga *D. viridis* Teod., por lo que se eleva el efecto tóxico causado en el hábitat del organismo, aunque a menudo contienen cantidades considerables de ambos metales [3].

En relación con las implicaciones referidas al comportamiento e inhibición de *Chaetoceros* sp obtenida de una cepa del laboratorio, el crecimiento del organismo se vio representado en las medianas y bajas concentraciones del efluente, equivalentes en concentraciones salinas de 25% (97 UPS), 10% (49 UPS), 5% (23 UPS) y 50% (160 UPS) de los tratamientos (Figura 2).

De acuerdo a los valores obtenidos en este ensayo, se demuestra la inhibición en el crecimiento celular, regis-

Figura 2. Crecimiento de *Chaetoceros* sp a diferentes concentraciones del efluente (amargos).

trándose valores significativos entre las poblaciones expuestas a concentraciones de 25%, 10% y 5%. Sin embargo, la microalga *Chaetoceros* sp alcanzó un crecimiento representativo en la concentración de 50% al principio del ensayo, pero posterior a ello, se mostró poco eficiente e inhibitorio. El máximo valor de densidad celular correspondió al tratamiento de 25% (97 UPS) con $0,29 \times 10^6 \text{ cel.mL}^{-1}$. En términos generales, se produjo efecto letal de la población de la diatomea, luego de 24 horas de exposición.

Al analizar el efecto tóxico de los amargos a diferentes concentraciones (entre 320 y 23 UPS), se reportó inhibición total del crecimiento al someter a la microalga *Chaetoceros* sp obtenida de una cepa de laboratorio a altas concentraciones del efluente. Sin embargo, en las escalas de salinidad en las que se registró incremento celular, la mayor tasa de crecimiento fue $\mu = 0,11$ y el menor valor de Td = 6,30 correspondió a la concentración de 39 UPS (Tabla 4 y 5). Además, estadísticamente se deduce que las fuentes de variación (concentración de amargos y edad del cultivo) son independientes entre sí.

Con lo expresado anteriormente en este ensayo, se comprobó que no existe un efecto tóxico inhibitorio en el crecimiento de *Chaetoceros* sp, cuando es sometido a las diversas concentraciones de los amargos. Por ello, la concentración que registró una adaptación del organismo estuvo entre 97 y 39 UPS, lo que corresponden al 25% y 10%

Tabla 4. Efecto de la salinidad sobre la cinética de crecimiento de *Chaetoceros* sp.

Salinidad (UPS)	μ	Td
320 (100%)	~	~
205 (75%)	~	~
160 (50%)	0,01	69,31
97 (25%)	0,08	8,66
39 (10%)	0,11	6,30
23 (5%)	0,02	34,65

μ = Velocidad de crecimiento. Td= Tiempo de duplicación. (~) La población expuesta a 320 UPS y 205 UPS no sobrevivió antes de las 24 horas de iniciado el experimento.

de los tratamientos utilizados para el desarrollo de este experimento. Por tanto, lo registrado coincide con lo reportado por Salomón *et al.*, lo cual expresa que niveles considerables de salinidad y otros compuestos como metales pesados no afecta el crecimiento de las microalgas [17].

Esto demuestra que la mayoría de los metales pesados y compuestos tóxicos presentes en los efluentes industriales que son arrojados en los ecosistemas acuáticos, son esenciales para los organismos a muy bajas concentraciones, pero a dosis mayores pueden presentar efectos letales sobre los organismos del cuerpo de agua, así como modificar las condiciones del medio acuático, logrando alterar diversas enzimas esenciales en los procesos metabólicos celulares.

Por ejemplo, el crecimiento de *Scenedesmus* sp y de *Chlorella* sp, determinado por la densidad celular de los mismos, mostró una disminución significativa del mismo en los cultivos a diferentes concentraciones de efluentes con diversos metales, lo que indica un efecto deletéreo proporcional a la concentración. A pesar que logran adaptarse al medio, por cuanto al cabo de 96/h manifestaron tendencia al crecimiento, el comportamiento de ambos organismos, registró un menor efecto inhibitorio en *Chlorella* sp que en *Scenedesmus* sp, lo que permitió inferir que esta especie presenta una mayor resistencia al estrés inducido por condiciones extremas [12].

Otro reporte importante sobre el efecto tóxico de efluentes industriales sobre plancton, registra la inhibición

de la tasa de crecimiento de la microalga *Nephroselmis pyriformis* en relación con las concentraciones de amoníaco en el medio. Sin embargo, se demostró que a escala de laboratorio, la exposición al amoníaco tuvo un efecto estimulante en el crecimiento de *N. pyriformis* en las concentraciones medias del ensayo, es decir, con 0,06 mg/L, mientras que el impacto mayormente visible ocurre en un rango de 0,1- 0,24 mg/L y un gran impacto estuvo reportado en las escalas > 0,46 mg/L [9].

De ahí, que las especies de microalgas seleccionadas para cultivos abiertos, son aquéllas que a diferencia de sus competidoras, poseen altas tasas de crecimiento o pueden soportar condiciones ambientales extremas, como alta salinidad, pH o temperatura, tal es el caso de *Dunaliella*, *Chlorella* y *Scenedesmus* [15].

Por otra parte, el crecimiento celular de diversas microalgas que son sometidas a condiciones estresantes y altas concentraciones de efluentes específicos, no describen un modelo exponencial de crecimiento, al menos similar al control. Tal es el caso de las microalgas *Chlorella vulgaris* y *Scenedes musquadricauda*, las cuales muestran una inhibición del crecimiento en concentraciones de 50 y 100 ppm de efluentes de cipermetrina, mientras que en tratamientos con muy bajas concentraciones (6,25 ppm) mostraron un efecto estimulador de incremento celular, previa a la respuesta inhibitoria de concentraciones mayores [17].

En cuanto a los resultados referentes al crecimiento del organismo *Synechococcus* sp obtenida de una cepa del laboratorio, se registraron los máximos valores de incremento celular en los tratamientos correspondientes a las menores concentraciones del efluente, equivalentes en concentraciones salinas a 5%, 10% y 25% de los tratamientos, los cuales oscilan entre 23 y 100 UPS. Por tanto, en lo que respecta a los valores de densidad celular reportados para este caso. Figura 3, se exhibieron en el siguiente orden: 5% (23 UPS) > 10% (39 UPS) > 25% (97 UPS) > 50% (160 UPS) > 75% (205 UPS) \geq 100% (320 UPS).

Los valores obtenidos para este ensayo, corroboran que el crecimiento celular se vio seriamente inhibido en los tratamientos con las concentraciones más altas, registrándose valores significativos entre las poblaciones

Tabla 5. Análisis de varianza del crecimiento de *Chaetoceros* sp. a las diferentes concentraciones de amargos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Prom. de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Concentración Amargos	1734,74	5	346,94	8,77	3,23	2,53
Edad del Cultivo	1186,01	30	39,53			
Total	2920,75	35				

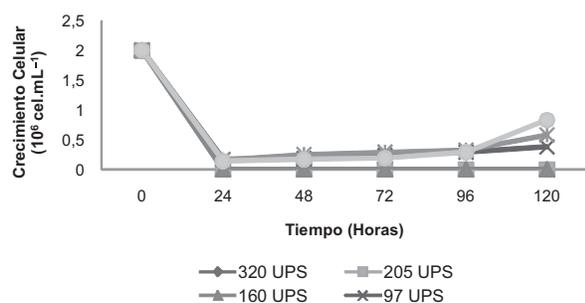


Figura 3. Crecimiento de la cianobacteria *Synechococcus* sp a diferentes concentraciones del efluente.

expuestas a las valores salinos de 5%, 10% y 25%. El máximo valor de densidad celular correspondió al tratamiento de 5% con $0,83 \times 10^6 \text{ cel. mL}^{-1}$. Sin embargo, la cianobacteria no reportó ningún comportamiento favorable cuando estuvo sometida a las máximas concentraciones del efluente industrial, debido a que también se expresó el efecto letal a las 24 horas de exposición.

La mayor velocidad de crecimiento ($\mu = 0,09$) y el menor tiempo de duplicación ($T_d = 8,66$) ocurrió a 39 UPS (10%) y 23 UPS (5%), observándose estadísticamente la existencia de diferencias significativas, por tanto, los tratamientos son independientes (Tablas 6 y 7). Estos resultados parecen indicar que el crecimiento de la microalga no es inhibido por la composición del amargo a medianas y bajas concentraciones (5%, 10% y 25%). Por ello, debe indicarse que concentraciones mayores al 50% inhiben el crecimiento de *Synechococcus* sp.

Con los resultados reportados en este caso, se comprobó que las concentraciones salinas y la composición de los amargos no fue lo suficientemente tóxica para causar la inhibición total del crecimiento algal. Se registró que el crecimiento de *Synechococcus* sp se ubica entre 23 y 39 UPS. Por ello, se coincide con lo expuesto por Díaz [5] los cuales destacan que todas las bacterias y cianobacterias presentan una concentración mínima inhibitoria, que a concentraciones traza son empleadas por los microorganismos para sus actividades metabólicas, mientras que a altas con-

Tabla 6. Efecto de la salinidad sobre la cinética de crecimiento de *Synechococcus* sp.

Salinidad (UPS)	μ	Td
320 (100%)	~	~
205 (75%)	~	~
160 (50%)	~	~
97 (25%)	0,09	7,70
39 (10%)	0,08	8,66
23 (5%)	0,08	8,66

μ = Velocidad de crecimiento. Td = Tiempo de duplicación. (~) La población expuesta a 320 UPS, 205 UPS y 160 UPS no sobrevivió antes de las 24 horas de iniciado el experimento.

centraciones causan detenimiento total del crecimiento celular.

Los resultados obtenidos en este ensayo reflejan la asertividad de lo expuesto por [11], los cuales destacan cómo las microalgas y algunas cianobacterias presentan la capacidad de acumular e inducir mecanismos de resistencia ante el estrés producido por la exposición a diversas condiciones extremas, con la consiguiente disminución de su actividad tóxica, por lo que actualmente se estudia la posibilidad del uso de las microalgas como bioindicadores o biorremediadores de la contaminación por metales pesados.

Se describe cómo en la descarga de aguas residuales industriales, se encuentran principalmente altas concentraciones de materia orgánica, así como desechos inorgánicos, entre los cuales se encuentran los metales pesados, que en grandes o medianas cantidades son altamente tóxicos, causantes de muchas alteraciones a los organismos acuáticos [16].

Es por eso, que las cianobacterias son el grupo más importante, predominante, en abundancia y distribución en los sistemas halinos o salinos con concentraciones máximas en salinidades desde 13 hasta los 28 °Bé (130-280 UPS). Estos organismos son los principales productores primarios en este tipo de ecosistema. Por esta razón, mencionan que algunas cianobacterias que tienen la capacidad de sobrevivir en ambientes extremos de salinidad (140 UPS), temperatura (28 ± 7) y pH (8) [5].

Tabla 7. Análisis de varianza del crecimiento de *Synechococcus* sp a las diferentes concentraciones de amargos.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	GL	Prom. de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Concentración Amargos	5898,52	5	1179,70	5,34	0,001	2,53
Edad del Cultivo	6620,37	30	220,67			
Total	12518,89	35				

El éxito de este grupo se debe a que pueden alcanzar su equilibrio osmótico mediante la acumulación intracelular de iones de potasio. Así también, su metabolismo les permite incrementar la concentración de carbohidratos y aminoácidos de 2 a 4 veces su valor durante el ajuste osmótico en ambientes con salinidades altas. Otro mecanismo de adaptación de las cianobacterias a este medio ambiente consiste en responder a los cambios de salinidad, alterando su forma o produciendo un gel de lipopolisacárido que les permite aislarse del medio [13].

Existen reportes que señalan cómo el crecimiento microalgal puede verse seriamente afectado cuando son expuestos a altas concentraciones de un efluente de origen industrial, los que demuestran claramente altos índices de toxicidad en el organismo, por ejemplo, las especies de microalgas *Selenastrum capricornutum* y *Ankistrodes musgracilis* presentaron un crecimiento seriamente inhibido, sobre todo en las muestras en donde las concentraciones oscilaron en 25, 50, 75 y 100% del efluente [2].

El estudio sobre el efecto de las diferentes concentraciones del efluente (amargos) sobre el crecimiento de las cepas de colección: *D. viridis*, *Chatoceros* sp y *Synechococcus* sp sugiere, que las elevadas concentraciones de los amargos (320-205 UPS), ejercen un efecto letal sobre estas; no obstante, a partir de 97 UPS, el crecimiento deja de ser inhibitorio. Esto es indicativo de que las microalgas no adaptadas a elevadas salinidades son incapaces de resistir los efectos osmóticos drásticos de ambientes hipersalinos.

Por otra parte, se demuestra que las concentraciones de otros compuestos también presentes en el efluente no fueron suficientes para causar un efecto inhibitorio en las microalgas y cianobacterias, aun cuando no se practicaron pruebas para la determinación de metales.

Consideraciones finales

Las cepas de *Dunaliella viridis*, *Chaetoceros* sp y de *Synechococcus* sp procedentes de colección y no adaptadas a condiciones hipersalinas, fueron susceptibles al efecto letal de los amargos a elevadas concentraciones. Sólo a bajas concentraciones exhibieron crecimiento. El nivel de toxicidad medido a través del incremento celular, reflejó cómo a pesar de los diversos compuestos contenidos en el efluente, a concentraciones poco asimilables por los organismos, no fueron suficientemente elevadas para inhibir totalmente el crecimiento a medianas y bajas concentraciones. Sin embargo, se comprobó que a la más alta concentración del efluente se observó una inhibición total del crecimiento en aquellos microorganismos que no se encuentran adaptados a las condiciones del medio.

Referencias

- [1] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) (1998) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th Edition. American Public Health Association 1015 Fifteenth Street. N.W. Washington, D.C. USA.
- [2] ASSELBORN, V. M. y ZALOCAR DE, D. Y. (2000). **Aplicación de bioensayos algales específicos para evaluar los efectos de un efluente textil y la calidad de agua de una laguna receptora**. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura-UNNE. Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET). Argentina.
- [3] BAAS-BECKING, L. G. M. (1931). Salt effects on swimmers of *Dunaliella viridis* Teod. **The Journal of General Physiology** 14:765-779.
- [4] DE LEÓN, Lizet (2002). Floraciones de cianobacterias en aguas continentales del Uruguay: causas y consecuencias. **Revista Perfil Ambiental del Uruguay**. Número 13: 28-37. Nordan-Comunidad, Montevideo.
- [5] DÍAZ-BORREGO, L.; DUPONTT, J.; ESPINA, K.; RINCÓN, N.; GARCÍA, M. y ATENCIO, L. (2007). Utilización de sustratos orgánicos y resistencia a metales pesados por bacterias asociadas a *Lemna* spp. **Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas**. Vol 41 (1): 27-43.
- [6] DI MARZIO, Walter (2005). Evaluación de la ecotoxicidad de efluentes industriales y municipales. Universidad Nacional de Luján. **Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-AIDIS**, 82: 88-93. Argentina.
- [7] FIMBRES, D.; MERCADO CASTILLO, L.; MURGUÍA, Á. y LÓPEZ, J. (2010). Crecimiento y biomasa de *Dunaliella* sp cultivada en medios limitantes. **Biotechnia**. Volumen 12 (3): 58-66.
- [8] GOLDMAN, Joel (1979). Outdoor algal mass cultures. **Application Water Research**. 13: 1-19.
- [9] KARTHIKEYAN, P.; JAYASUDHA, S.; SAMPATHKUMAR, P.; MANIMARAN, K.; SANTHOSHKUMAR, C.; ASHOKKUMAR S. y ASHOKPRABU, V. (2010). Effect of industrial effluent on the growth of marine Diatom, *Chaetoceros simplex* (Ostenfeld, 1901). **J. Appl. Sci. Environ. Manage.** 14 (4) 35-37.
- [10] LÓPEZ, Yamilka (2008). Caracterización genética y de metabolitos secundarios de diferentes aislamientos de *Dunaliella salina* bajo condiciones de estrés salino. Trabajo de Grado de Maestría en Ciencias en Biotecnología Genómica. Instituto Politécnico Nacional.
- [11] MARCANO, L.; CARRUYO, I.; MONTIEL, X.; MORALES, C. y MORENO P. (2007). Capacidad de adaptación al estrés inducido por cadmio de dos especies de microalgas (*Dunaliella viridis* y *Scenedesmus* sp). **Acta Microscópica**. Vol 16 (2): 113-119. Cusco-Perú.

- [12] MORALES, C.; BÁEZ, F.; CARRUYO, I.; MARCANO, L.; MONTIEL, X. y MORENO, P. (2007). Capacidad de adaptación de dos especies de microalgas (*Scenedesmus* sp y *Chlorella* sp) al estrés inducido por vanadio. XVII Congreso Venezolano de Botánica, pp. 518-520. Maracaibo. Venezuela.
- [13] POPOWSKI, C.G.; SÁNCHEZ, L.M. y ÁLVAREZ CADENA, J.N. (2001). Composición y abundancia de las microalgas halófilas-resistentes en los sedimentos minero-medicinales en salinas de Cuba. *Hidrobiológica* 11(1): 61-67.
- [14] RAMÍREZ, N.; SANDOVAL, A.H. y SERRANO J. A. (2004). Las Bacterias Halófilas y sus Aplicaciones Biotecnológicas. *Revista de la Sociedad Botánica de Microbiología*. 24 (1-2): 12-23.
- [15] ROGERS, L. y GALLON, J. (1988). **Biochemistry of the algae and cyanobacteria**. Clarendon Press, Oxford. 737 pp.
- [16] SALAZAR, Margarita (2006). Aplicación e importancia de las microalgas en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Contactos* 59, 64-70. México.
- [17] SALOMÓN, Ruth; ALBARRACIN, Isabel y PIO, Gabriela (2003). Sensibilidad de *Chlorellavulgaris* y *Scenedesmus quadricauda* a la cipermetrina. Fase preliminar (Documento en Línea). Disponible: <http://www.sertox.com.ar/re-tel/default.htm> (Consulta: 2010, Noviembre 23).
- [18] YÉPEZ, Mayela (1992). Estudio sobre el crecimiento de la microalga *Dunaliellasp* (Chlorophyta, Volvocales) a altas concentraciones de cloruro de sodio. Trabajo de Grado de Maestría en Microbiología. Universidad del Zulia.
-