

# Efectos del cromo y cadmio sobre el fitoperifiton de raíces de *Pistia stratiotes*

Fernandez, Viviana<sup>1</sup>

1- Cátedra de Botánica II de la Licenciatura de Biodiversidad (FAFODOC-UNL), Paraje el Pozo (S/N) y Facultad de Ingeniería Química (UNL) Santiago del Estero 2829. Santa Fe (3000). Argentina. E-mail: valgas@falodoc.unl.edu.ar  
Subsidiado por CAID 96' Proyecto N° 141 Directora: Dra. Ma. Alejandra Maine

**RESUMEN:** El presente trabajo tuvo como objetivo analizar comparativamente el efecto del cadmio y del cromo sobre la composición y densidad del fitoperifiton en las raíces (principal y ramificaciones) de *Pistia stratiotes*, bajo condiciones experimentales.

Se analizaron raíces, con distinto grado de desarrollo, de plantas cultivadas en condiciones controladas con concentraciones de 1 ppm de Cr, Cd y sin contaminantes (testigos). La duración de la experiencia, estuvo limitada por la senescencia de *Pistia*: 40 días para Cr y 14 días para Cd.

El análisis estadístico permitió comprobar diferencias significativas en la densidad entre el testigo y los tratamientos con Cr y Cd. Entre el testigo y el tratamiento con Cr ( $p < 0.01^{**}$ ) y el entre el testigo y el tratamiento con Cd ( $p < 0.05^*$ ).

**Palabras claves:** Bioensayo, Cromo, Cadmio, Fitoperifiton

**SUMMARY:** Effects of the chromium and cadmium above the phytoperiphyton in *Pistia stratiotes* roots. Fernandez, Viviana<sup>1</sup>. The objective of this work is to analyze comparatively the effect of the Cr and the Cd above the phytoperiphyton in *Pistia* roots (principal and ramifications) to compositions and density under experimental conditions.

The roots were analyzed, with different degrees of development of plants cultivated under controlled conditions with concentrations of 1 ppm of Cr and Cd without contaminants (control group). The length of the experiences was limited by the senescence of the *Pistia*: 40 days for the Cr and 14 days for the Cd.

The algal were watched with optical microscope and then counted over a known surface.

Statistical analysis permitted to check significant differences in algal density between the control group and Cr y Cd treatment. Between the control group and the Cr ( $p < 0.01^{**}$ ) and control group and the Cd ( $p < 0.05^*$ ).

**Key words:** Bioassay, Chromium, Cadmium, Phytoperiphyton.

## Introducción

Los efluentes industriales constituyen la principal fuente de contaminación en ambientes de agua dulce, tornando como tóxicos los elementos trazas, antes inofensivos al hombre (1).

Existen numerosos estudios de los efectos indirectos de los contaminantes ambientales sobre las algas, sin embargo estudios sobre efectos directos en la composición de especies, estructura y diversidad son menos frecuentes (2). En la Argentina, los estudios de esta naturaleza se centran en ríos alta-

mente poluidos, principalmente de la provincia de Buenos Aires (3-4-5).

La acción de los metales pesados puede provocar inhibición tóxica, cambios en la composición específica de las comunidades, disminución de la diversidad, como así también es capaz de estimular la tasa de crecimiento (micronutrientes), cuando estas concentraciones están como valores trazas. Estos criterios pueden ser utilizados para identificar la intensidad y el potencial daño ecológico causado por los contaminantes antropogénicos descargados en la superficie de las aguas (6).

El fitoperifiton juega un rol fundamental como productor primario en ríos y en las zonas litorales de lagos (7-8). Por otro lado es considerado una excelente herramienta para el monitoreo de calidad de aguas (9-10-11-12-13).

Una manera de evaluar los efectos de los contaminantes sobre la biota acuática es mediante la aplicación de test de toxicidad. De este modo a través de un eficiente análisis biológico se puede obtener información acerca de la disponibilidad de sustancias químicas para las algas y sus efectos estimuladores o inhibidores, ya que el crecimiento o faltas de este es un índice de la disponibilidad de nutrientes o de elementos tóxicos (14).

Algunos metales presentes en el agua son vertidos por las industrias. El cromo, puede pasar al agua a través de los desechos industriales, como es el caso de las industrias de curtiembre. En Argentina de todos los metales vertidos en los ríos, es el cromo uno de los que más se manifiesta (Límite de detección  $1.0 \mu\text{gCr/l}$ ), por vertidos industriales (15). El cromo es un elemento traza esencial para las algas, pero una concentración excesiva provoca un efecto inhibitorio.

El cadmio es un elemento cuyas fuentes son eminentemente antrópicas. El cadmio, presente en el agua, es tóxico para la biota acuática ya que afecta enzimas importantes, la normativa vigente exige la total ausencia de este metal en las aguas (16). En Argentina, los estudios realizados en ríos con descargas industriales importantes, como el Riachuelo y A° Sarandí, el cadmio se encuentra en tenores muy bajos, próximos o inferiores a los niveles de sensibilidad analítica ( $0,05 \mu\text{gCd/l}$ ) siendo detectable a  $0,1 - 0,5 \mu\text{gCd/l}$ . Pero existe una tendencia al incremento de su concentración (15).

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar comparativamente el efecto del cadmio y del cromo sobre la composición y densidad del fitoperifiton en las raíces (principal y ramificaciones) de *Pistia stratiotes*, bajo condiciones experimentales.

## Materiales y Métodos

Las muestras se extrajeron de un ambiente lenítico del valle aluvial del río Paraná, sobre la margen derecha del río Ubajay, durante el mes de octubre, para el ensayo con cromo y en el mes de enero para el cadmio.

La laguna situada en el km 20 de la ruta Provincial N° 1 ( $31^\circ 39,5' \text{ S}$  y  $60^\circ 35' \text{ W}$ ), tiene una superficie de  $100 \text{ m}^2$  y posee aguas transparentes con baja conductividad y pH neutro. El espejo de agua estaba cubierto en un 70% por diversas especies de macrófitas, siendo *Pistia stratiotes* una de las especies más abundantes.

Las plantas de *Pistia* se extrajeron de la margen derecha de la laguna, en un sitio cuya profundidad osciló entre  $0,5$  y  $1 \text{ m}$ .

Tanto para los testigos como para los tratamientos se cultivaron  $100$  gramos de *Pistia* (aproximadamente  $9$  o  $10$  plantas) en bateas con  $7$  litros de agua de la laguna. El cultivo de las *Pistia*, se realizó bajo condiciones controladas: con fotoperíodo natural y suministro de oxígeno a través de un aireador.

Se efectuaron tres blancos (testigos) y tres réplicas para cada contaminante, cuya concentración fue de  $1 \text{ ppm}$ . El muestreo se realizó cada  $7$  días, en la raíz principal y ramificaciones. Las raíces fueron cortadas y fijadas con formol al  $4\%$  y se observaron bajo microscopio óptico, con la técnica de observación directa. Los recuentos se realizaron sobre una superficie colonizable conocida, tanto para el eje principal de la raíz como para sus ramificaciones. Las superficies oscilaron, entre los  $0,1 \text{ cm}^2$  y  $0,05 \text{ cm}^2$ , para el eje principal de cada raíz y entre  $0,04 \text{ cm}^2$  y  $0,03 \text{ cm}^2$ , para las ramificaciones.

Se estimó la densidad de cada especie y clase taxonómica. Para el análisis estadístico de las diferencias en los valores promedios de densidad algal entre el testigo y los tratamientos se aplicó el test de Student (T), en el caso del Cd (con distribución normal de los datos) y el test no paramétrico de Mann-Whitney (U), en el caso del Cr (con distribución no normal).

## Resultados y Discusión

### Tratamiento con Cromo

En los estudios realizados con cromo, se registraron  $23$  especies en el testigo y  $9$  en las muestras tratadas. La riqueza específica en orden decreciente muestra las siguientes Clases: Bacillariophyceae ( $14$ ), Cyanophyceae ( $4$ ), Oedogoniophyceae ( $2$ ), Chlorophyceae ( $1$ ), Palmellaceae ( $1$ ), Zygnemaphyceae ( $1$ ) y Chaetophoraceae ( $1$ ) (Tabla 1, 2 y Figura 1).

El Cromo es un micronutriente esencial para el crecimiento algal, pero lo inhibe por encima de determinadas concentraciones. Los resultados mostraron que a concentraciones de 1 ppm de Cr se produce una disminución significativa de la densidad y riqueza, así como una alteración sustancial de la composición específica y estructura a nivel de la Clase taxonómica del fitoperifiton. (Tabla 1 y 2).

La riqueza específica fue disminuyendo a lo largo de la experiencia tanto para el testigo (23 taxa: 23 en la primera semana, 22 en la segunda semana, 21 en la tercera semana y 19 en la cuarta semana) como para el tratamiento con cromo (9 taxa: 8 en la primera semana, 7 en la segunda, 6 en la tercera y 5 en la cuarta). Las especies más constantes en el testigo fueron *Oscillatoria limosa* entre Cyanophyceae; los géneros *Aulacoseira distans*, *Cocconeis placentula*, *Eunotia maior*, *Fragilaria virescens* y *Gomphonema* sp. 1 entre las Bacillariophyceae. Entre las Oedogoniophyceae se destacó *Oedogonium* sp. y el género *Protoderma frequens* dentro de las Chaetophyceae. (Tabla 1).

Para el tratamiento con cromo, las Cyanophyceae estuvieron ausentes, mientras que las Bacillariophyceae estuvieron representadas por los géneros *Eunotia maior* y *Navicula* sp. 1 constantes durante todo el estudio; del mismo modo que *Oedogonium* sp. dentro de las Oedogoniophyceae (Tabla 2).

La densidad promedio de algas, presentó valores más altos en el testigo (218 - 617 ind/cm<sup>2</sup>, para las ramificaciones y 636 - 2165 ind/cm<sup>2</sup>, para las raíces principales) que en tratamiento con Cr (25 - 192 ind/cm<sup>2</sup>, para las ramificaciones y 11 - 212 ind/cm<sup>2</sup>, para las raíces principales) (Tabla 1 y 2). La densidad fue decreciendo a lo largo de la experiencia tanto para el testigo como para el tratamiento (Tabla 1 y 2), probablemente atribuida a la senescencia de *Pistia*.

Tanto para el testigo como para el tratamiento con cromo, la Clase dominante fue Bacillariophyceae destacando por su alta densidad a *Eunotia maior* y la subdominante Chlorophyceae representada por *Oedogonium* sp. Por su parte la Clase Cyanophyceae sólo se presentaron en el testigo (Tabla 1 y 2).

El análisis estadístico de Mann-Whitney aplicado a la densidad algal de raíz principal y ramificaciones permitió comprobar la existencia de diferencias significativas entre los valores medios del testigo y Cromo ( $p < 0,01^{**}$ ) (Tabla 5).

Tanto la riqueza específica como la densidad fue mayor en el testigo que en el tratamiento. De manera similar a lo registrado por Zalocar de Domitrovic & Asselbom (en prep.) en bioensayos de toxicidad en algas bajo efectos de efluentes industriales, las distintas concentraciones aplicadas, ejercieron un fuerte efecto inhibitorio del crecimiento sobre las especies test (1); en cambio, señalaron una estimulación del crecimiento en algunas algas en ensayos con bajas concentraciones de efluentes tóxicos.

### Tratamiento con Cadmio

En lo que respecta al cadmio, se encontraron 19 especies en el testigo y 3 en la muestra tratada. En orden decreciente: Bacillariophyceae (10), Cyanophyceae (5), Oedogoniophyceae (1), Euglenophyceae (1), Zygnemaphyceae (1) y Chaetophoraceae (1) (Tabla 3, 4 y Figura 3). La riqueza específica fue mayor en las raíces testigo que en las tratadas con cadmio. En el testigo, de igual modo que con el cromo, la Clase Bacillariophyceae aportó mayor número de especies y Oedogoniophyceae estuvo representada por una sola especie; ambas clase estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio. Cyanophyceae estuvieron ausentes en la raíz principal la primera semana de estudio (Tabla 3).

En el tratamiento con Cadmio la riqueza específica decreció notablemente con respecto al testigo. Estuvo representada únicamente por la Clase Bacillariophyceae y contrariamente al testigo, se incrementó a lo largo del tiempo en una especie (Tabla 4).

Del mismo modo que para los estudios con cromo, los resultados mostraron que a concentraciones de 1 ppm. de Cd se produce una disminución significativa de la riqueza, así como una alteración sustancial de la composición específica y estructura a nivel de la Clase taxonómica del fitoperifiton (Tabla 3 y 4).

La riqueza específica fue disminuyendo a lo largo de la experiencia en el testigo (19 taxa: 13 en la primera semana y 10 en la segunda semana); contrariamente en el tratamiento con cadmio (3 taxa: 2 en la primera semana y 3 en la segunda) aumentó.

Las especies más constantes en el testigo fueron *Eunotia maior* entre las Bacillariophyceae y *Oedogonium* sp. en la Clase Oedogoniophyceae. (Tabla 3).

Para el tratamiento con Cadmio, la Clase Bacillariophyceae estuvo representada por los géneros *Eunotia maior* y *Fragilaria virescens* constantes durante todo el estudio; *Navicula* sp. 2 solo estuvo presente en la última semana. (Tabla 4).

Con respecto a la riqueza específica la mayor abundancia de especies se encontró en el análisis del testigo, siendo las diatomeas la clase dominante en las muestras tratadas con Cadmio.

La densidad promedio de algas, presentó valores más altos en el tratamiento (111 - 160 ind/cm<sup>2</sup>, para las ramificaciones y 112 - 386 ind/cm<sup>2</sup> para las raíces principales) que en el testigo (61- 223 ind/cm<sup>2</sup>, para las ramificaciones y 23 - 176 ind/cm<sup>2</sup> para las raíces principales)

La densidad fue decreciendo a lo largo de la experiencia tanto para el testigo como para el tratamiento con Cadmio (Tabla 3 y 4), probablemente al igual que con el Cromo se lo atribuya a la senescencia de *Pistia*.

Tanto para el testigo como para el tratamiento con Cadmio, la Clase dominante fue Bacillariophyceae destacando por su alta densidad a *Eunotia maior*. En el testigo, la Clase subdominante fue Chlorophyceae representada por *Oedogonium* sp. y en un orden decreciente se presentaron en baja cantidad: Cyanophyceae, Chaetophyceae, Zynemaphyceae y Euglenophyceae sólo se presentaron en el testigo (Tabla 1 y 2).

El análisis estadístico de T- test (Test de Student) aplicado a la densidad de raíz principal y ramificaciones permitió comprobar la existencia de diferencias significativas entre los valores de testigo y cadmio ( $p < 0.05^*$ ) (Tabla 6).

A diferencia del Cromo, el Cadmio no afectó la densidad algal, encontrándose los valores de densidad más altos en las muestras con contaminante que en las testigos (Tabla 3 y 4).

El estudio del fitoperifiton en raíces de *Pistia* estuvo limitado a la respuesta del sustrato natural; las plantas sometidas al Cromo resistieron un tiempo mayor (40 días) a la exposición del contaminante, mientras que en las sometidas al Cadmio su tiempo de exposición fue menor (14 días) debido a la rápida senescencia de *Pistia*. El Cadmio es un elemento muy tóxico cuando la concentración es de 2,5 ppm., provocando necrosis en las macrófitas inmediatamente después de la aplicación (17-18) y a concentraciones menores (1 ppm) se produce una drástica reducción de la actividad fotosintética (19-20). En las

macrófitas tratadas con Cromo hay un decrecimiento de la productividad cuando las concentraciones son de 9 ppm (21). Esto indica que el Cadmio tiene un nivel mayor de toxicidad. Esta observación sugiere la conveniencia del uso simultáneo de sustratos naturales y artificiales.

Los factores ecológicos son de mucha importancia en la colonización del fitoperifiton, algunas macrófitas son consideradas neutras e indiferentes a la colonización de algas. En otras macrófitas la arquitectura puede tener influencia sobre la comunidad fitoperifítica tanto en su abundancia como en la biomasa (22-23). En nuestro estudio la arquitectura de las raíces principales y de las ramificaciones, no afectaron la colonización de los epifitos; en el Cromo la ramificación presentó una abundancia menor que en la raíz principal y para el Cadmio se obtuvo el efecto contrario; de este modo, suponemos que la estructura de los dos sustratos, no tuvieron influencia sobre la comunidad fitoperifítica.

Es común observar una alta variabilidad entre las réplicas (24) debido a diferencias de luz a microescala sobre las superficies de las macrófitas, las cuales se traducen en errores de submuestreo (25). En coincidencia en nuestro estudio se observó variabilidad entre en el análisis de las réplicas, este aspecto deberá considerarse en posteriores trabajos.

La toxicidad puede variar mucho según la especie y tipo de algas, algunas microalgas son mucho más sensibles a la acción de sustancias tóxicas (26). Para los tratamientos con cadmio y cromo la Clase Bacillariophyceae estuvo presente a lo largo de la experiencia, lo que supone un mayor grado de resistencia al tóxico. Por otro lado la riqueza específica disminuyó en el ambos tratamiento. Esta reducción en el número de especies es considerada como un indicador de contaminación (27-28). Zalocar de Domitrovic & Asselborn (en prep.) describieron el fitoplancton de una laguna y observaron un fuerte efecto inhibitorio del efluente sobre las algas nativas al aplicar bioensayos de toxicidad.

Con respecto a la densidad, las Bacillariophyceae fueron dominante, tanto en el testigo como en las muestras con contaminantes (Figura 1 y 2). El uso de diatomeas como indicadores de la calidad de agua, cuenta con antecedentes basados en bioensayos y aplicación de índices en relación a la contaminación orgánica (29). Alves, *et al.*, 2000 (30), aplicó índices biotóxicos en test de toxicidad al cultivos de diatomeas marinas.

Es probable que la concentración utilizada para ambos contaminantes no represente un valor tóxico para la comunidad. Cabe señalar que cuando la contaminación es moderada, los estudios no reflejan bien lo que acontece en la experiencia, ya que pueden obtenerse valores relativamente diferentes en el análisis de las muestras; a esta situación se suma las condiciones controladas a la que son sometidas las plantas de *Pistia*. Por lo tanto tales estudios de bioensayo en condiciones de laboratorio son difíciles de extrapolar, puesto que hay un efecto combinado de muchos procesos biogeoquímicos, entre el medio con la mezcla de las posibles sustancias tóxicas. (31). Otros aspectos a tener en cuenta en estos bioensayos es el tamaño del cultivo, la estructura según la estación del año y el estado fisiológico de las algas (6).

Si los estudios en laboratorio se completan con los de campo, los resultados acerca de la interpretación de la comunidad fitoperifítica sometida a metales pesados, resultaría muy satisfactoria y comple-

ta. No obstante, es sabido que el estudio a campo con metales pesados es riesgoso para toda la biota. En el laboratorio deberían tenerse en cuenta los factores naturales, físicos, químicos y climáticos; muchas veces difíciles de controlar bajo las condiciones de cultivo; por lo tanto sería propicio estimular el desarrollo de metodologías combinadas.

### **Conclusión**

La aplicación de bioensayos de toxicidad con metales pesados (Cr y Cd) en 1 ppm, demostró un efecto inhibitorio sobre el crecimiento algal.

Los aspectos mencionados son indicativos de que el vertido de Cr y Cd afecta negativamente la riqueza de especies.

Dada la importancia del fitoperifiton como productores primarios, cualquier alteración producida en el medio por sustancias contaminantes, como es el caso de los metales pesados, afectaría la red trófica, poniendo en peligro la vida del ecosistema acuático.

**Tabla 1:** Composición y densidad promedio de org./cm<sup>2</sup>. en las raíces de *Pistia stratiotes* en el testigo durante el período estudiado.

Fecha Testigo	08/10/98		15/10/98		22/10/98		29/10/98	
	Raíz	Ramificac.	Raíz	Ramificac.	Raíz	Ramificac.	Raíz	Ramificac.
<b>Especies</b>								
<b>Cyanophyceae</b>								
<i>Anabaena</i> sp. 1	49	2	89		29	8	2	
<i>Chroococcus</i> sp.	18	2	35		20	18	1	2
<i>Oscillatoria limosa</i> Ag. Ex Gom.	121	98	129	9	22	12	11	
<i>Pleurocapsa</i> sp.	45	31	19		56	5	60	1
<b>Bacillariophyceae</b>								
<i>Amphora lineata</i> Greg.	11	1	28	4	1			1
<i>Aulacoseira distans</i> Ehr.	49	36	69	10	40	12	56	8
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	68	28	80	41	48	28	31	3
<i>Cymbella turnida</i> Breb. Ex Kütz.	5		7		5	3	1	4
<i>Eunotia maior</i> W. Smith	125	180	369	158	320	120	475	79
<i>Fragilaria ulna</i> Nitzsch	4	1		2	3			
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	23	3	38	18	20	5	25	1
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehr.	12	3	30		16		21	2
<i>Gomphonema</i> sp. 1	16	10	39	31	46	8	10	1
<i>Gomphonema</i> sp. 2	4		18	2	10	3	6	
<i>Gomphonema</i> sp. 3					1			1
<i>Navicula</i> sp. 1	68	20	20	10	161	39	44	
<i>Navicula</i> sp. 2	72	35	81	110	89	19	18	
<i>Synedra</i> sp.	8	1	1	8	1			

Tabla 1: Continuación

Fecha Testigo	08/10/98 Raíz	Ramificac.	15/10/98 Raíz	Ramificac.	22/10/98 Raíz	Ramificac.	29/10/98 Raíz	Ramificac.
<b>Chlorophyceae</b> <i>Coleochaete orbicularis</i> Pring.	3		15	5	1	8		
<b>Oedogoniophyceae</b> <i>Bulbochaete</i> sp. <i>Oedogonium</i> sp.	12 193	50	868	168	860	201	15 155	2 88
<b>Palmellaphyceae</b> <i>Sphaerocystis</i> sp.	20		16	4				
<b>Zignemaphyceae</b> <i>Cosmarium</i> sp.	10		8	2				
<b>Chaetophyceae</b> <i>Protoderma frequens</i> But.	68	2	86	35	59 1937	19	5	25
<b>Total org/cm<sup>2</sup></b>	1004	503	2165	617		508	636	218

Tabla 2: Composición y densidad promedio de org./cm<sup>2</sup> en las raíces de *Pistia stratiotes* con el tratamiento de cromo durante el período estudiado.

Especies	08/10/98		15/10/98		22/10/98		29/10/98	
	Raíz	Ramificac.	Raíz	Ramificac.	Raíz	Ramificac.	Raíz	Ramificac.
<b>Bacillariophyceae</b>								
<i>Eunotia maior</i> W. Smith	281	49	98	66	2	1	10	1
<i>Fragilaria ulna</i> Nitzsch		12		8	3	5		11
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs				48				
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehr.	25	9						1
<i>Navicula</i> sp. 1	14	18	2	4	1	1	1	1
<i>Navicula</i> sp. 2	15	19			1			
<b>Chlorophyceae</b>								
<i>Coleochaete orbicularis</i> Pring.	8	27	15	19	1	2		
<b>Oedogoniophyceae</b>								
<i>Oedogonium</i> sp.	121	88	50	29	11	16	1	15
<b>Chaetophyceae</b>								
<i>Protoderma frequens</i> But.	27		19	18				
<b>Total org/cm<sup>2</sup></b>	212	141	165	192	19	25	11	29



**Tabla 3:** Composición y densidad promedio de org./cm<sup>2</sup>. en las raíces de *Pistia stratiotes* en el testigo durante el periodo estudiado

Fecha Testigo	10/01/99 Raiz	Ramificac.	17/01/99 Raiz	Ramificac.
<b>Especies</b>				
<b>Cyanophyceae</b>				
<i>Anabaena</i> sp. 1		7		10
<i>Calothrix fusca</i> Kütz.				2
<i>Microcystis</i> sp.		10	5	28
<i>Nostoc</i> sp.			1	
<i>Raphidiopsis curvata</i> Fritsch et Rich				6
<b>Euglenophyceae</b>				
<i>Trachelomonas</i> sp.	1			
<b>Bacillariophyceae</b>				
<i>Achnanthes flexella</i> Kütz.	2	6		
<i>Amphora commutata</i> Grun.		3		
<i>Amphora lineata</i> Greg.	3	6		1
<i>Aulacoseira distans</i> Ehr.				2
<i>Cymbella tumida</i> Breb. Ex Kütz.		6		
<i>Eunotia maior</i> W. Smith	68	79	10	4
<i>Fragilaria ulna</i> Nitzsch			1	
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	3	5		
<i>Navicula</i> sp. 1		11		
<i>Navicula</i> sp. 2	6	15		
<b>Oedogoniophyceae</b>				
<i>Oedogonium</i> sp.	39	62	6	8
<b>Zignemaphyceae</b>				
<i>Cosmarium</i> sp.	2			
<b>Chaetophyceae</b>				
<i>Protoderma frequens</i> But.	52	30		
Total org/cm <sup>2</sup>	176	223	23	61

**Tabla 4:** Composición y densidad promedio de org./cm<sup>2</sup>. en las raíces de *Pistia stratiotes* con el tratamiento de cadmio durante el período estudiado

Fecha Tratamiento con Cadmio	10/01/99 Raíz	Ramificac.	17/01/99 Raíz	Ramificac.
<b>Especies</b>				
<b>Bacillariophyceae</b>				
<i>Eunotia maior</i> W. Smith	228	205	103	142
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	8	7	3	11
<i>Navicula</i> sp. 2			5	7
<b>Total org/cm<sup>2</sup></b>	236	212	111	160

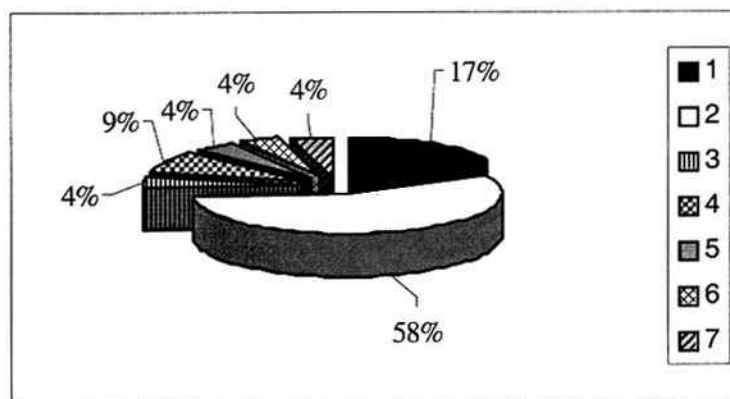
**Tabla 5:** Diferencias significativas en los valores de densidad de perifiton de raíces de *Pistia stratiotes* entre el testigo y el agregado de cromo

		Media	U-test	Nivel signific.
<b>raíz principal</b>	Testigo	1510,5	35,0	0,01**
	Cr	101,7		
<b>ramificaciones</b>	Testigo	461,5	44,5	0,01**
	Cr	96,7		

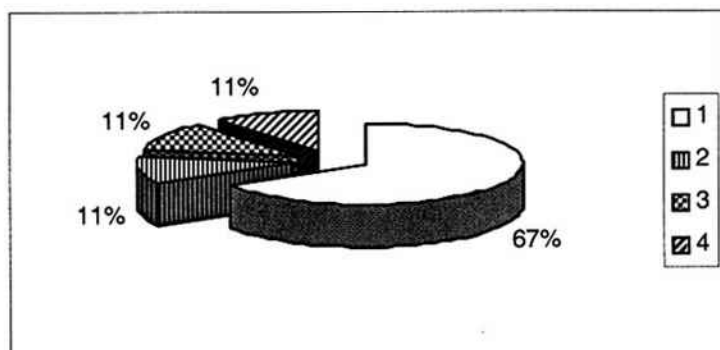
**Tabla 6:** Diferencias significativas en los valores de densidad de perifiton de raíces de *Pistia stratiotes* entre el testigo y el agregado de cadmio

		Media	U-test	Nivel signific.
<b>raíz principal</b>	Testigo	65,5	-2,4	0,05*
	Cd	205,3		
<b>ramificaciones</b>	Testigo	172,5	-2,3	0,05*
	Cd	732,0		

**Figura 1:** Porcentaje de riqueza específica para las Clases de algas epífitas en el testigo y en el cromo

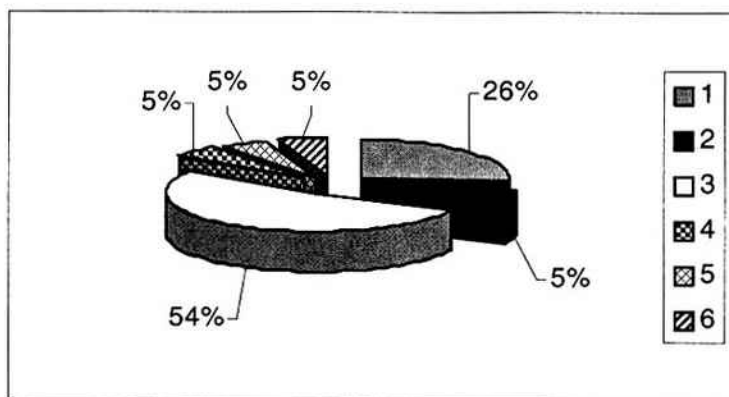


TESTIGO: 1. Cyanophyceae; 2. Bacillariophyceae; 3. Chlorophyceae; 4. Oedogoniophyceae; 5. Palmellaphyceae; 6. Zynemaphyceae; 7. Chaetophyceae

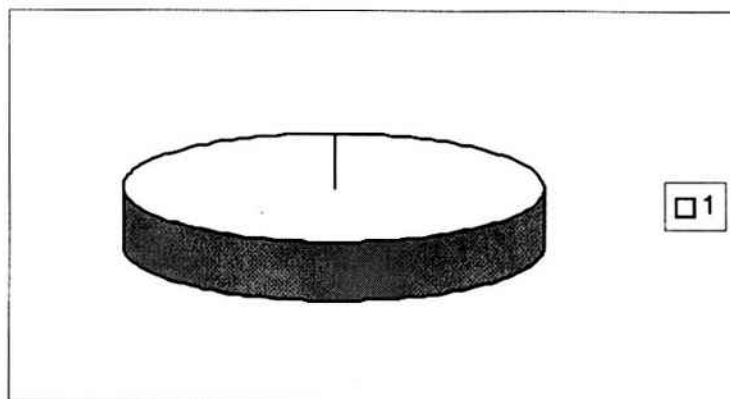


CROMO: 1. Bacillariophyceae; 2. Chlorophyceae; 3. Oedogoniophyceae; 4. Chaetophyceae

**Figura 2:** Porcentaje de riqueza específica para las Clases de algas epifitas en el testigo y en el cadmio



TESTIGO: 1. Cyanophyceae; 2. Euglenophyceae; 3. Bacillariophyceae; 4. Oedogoniophyceae; 5. Zynemaphyceae; 6. Chaetophyceae



CROMO: 1. Bacillariophyceae

## Bibliografía

- 1- Washl, G. E.; Duke, K. M. y Foster, R. B. 1982. Algae and Crustaceans as indicators of Bioactivity of industrial waste. *Water Res.*, **16**, 879-883.
- 2- Boyle, T.P. 1984. The effect of environmental contaminants on aquatic algae. 237-256. In: Shubert, L.E. (ed.), *Algae as ecological indicators*. Academic Press, Inc., London.
- 3- del Giorgio, P.A.; Vinocur, A.L.; Lombardo, R.J.; Tell, G. 1991. Progressive changes in the structure and dynamics of the

- phytoplankton community along a pollution gradient in a lowland river-a multivariate approach. *Hydrobiologia*, **224**, 129-154.
- 4- Loez, C.R.; Salibian, A. 1990. Première donnés sur le phytoplankton et les caractéristiques physico-chimiques du Rio Reconquista (Buenos Aires, Argentine) : une rivière urbaine polluée. *Revue Hydrobiol. Suppl.*, **50**, 145-207.
- 5- Conforti, V.; Alberghina, J.; Urda, E.G. 1995. Structural changes and dynamics of the phytoplankton along a highly polluted lowland river of Argentina. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, **5**, 59:75.

- 6- Loez, C.R.; Topalian, M.L.; Salibian, A. 1995. Effects of zinc on the structure and growth dynamics of a natural freshwater phytoplankton assemblage reared in the laboratory. *Environmental Pollution*, **88**, 275-281.
- 7- Cattaneo, A.; Kalff, J. 1980. The relative contribution of aquatic macrophytes and their epiphytes to the production of macrophytes beds. *Limnol. Oceanogr.*, **25**, 280-9
- 8- Shortreed, K. S.; Costella, A. C.; Stockner, J.G. 1984. Periphyton biomass and species composition in 21 British Columbia lakes: seasonal abundance and response to whole-lake nutrient additions. *Can. J. Bot.*, **62**, 1022-31.
- 9- Blanck, H. 1985. A simple, community level, ecotoxicological test system using samples of periphyton. *Hydrobiologia*, **124**, 251-61.
- 10- Amblard, C.; Couture, P.; Bourdier, G. 1990. Effects of pulp and paper mill effluent on the structure and metabolism of periphytic algae in experimental streams. *Aquat. Toxicol.*, **18**, 137-62.
- 11- Descy, J. P.; Coste, M. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24**, 2112-16.
- 12- Lhotsky, O.; Marvan, P. 1991. The use of algae as bioindicators. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24**, 2122-4.
- 13- Guckert, J. B.; Nold, S. C.; Boston, H. L.; White, D. C. 1992. Periphyton response in an industrial receiving stream: lipid-based physiological stress analysis and pattern recognition of microbial community structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2579-87.
- 14- Bertolotti, E. 1990. Toxicidade e concentração de agentes tóxicos em efluentes industriais. In: *Ciência e Cultura*, **42** (3/4), 271-277.
- 15- Lammel, E.; Bonfanti, E.; Navarro, M. 1997. Metales Pesados. In: *Calidad de las Aguas de la Franja Costanera Sur del Río de la Plata (San Fernando-Magdalena)*. **6**, 63-66.
- 16- Megar, I.H.; Fernandez, J.M.; Selma, A.E. 2001. Departamento de Hidrología. Univ. Murcia In: *www.vegetalia.com*. 1-20.
- 17- Miller, J.; Koeppe, D.E. 1977. Interactions of lead and cadmium on metal uptake and growth of corn plants. *J. enviro. Qual.* **6**, 18-20.
- 18- Street, J.; Lindsay, J.W.; Sabey B. R. 1977. Solubility and plant. Uptake of cadmium in soil amended with cadmium and sewage sludge. *J. enviro. Qual.* **6**, 72-77.
- 19- Page, A. L.; Lingham, F. T.; Nelson, C. 1972. Cadmium absorption and growth of various plant species as influenced by solution cadmium concentrations. *J. enviro. Qual.* **1**, 288-291.
- 20- Root, R. A. 1975. Uptake of cadmium. Its toxicity and effect on the iron ratio in hydroponically grown iron. *J. enviro. Qual.* **4**: 473-476.
- 21- Turner, M.A. 1973. Effect of cadmium and zinc uptake by selected vegetable species. *J. enviro. Qual.* **2**, 118-119.
- 22- Blindow, I.; 1987. The composition and density of periphyton on several species of submerged macrophytes-The neutral substrate hypothesis tested. *Aquat. Bot.*, **29**, 157-68.
- 23- Lalonde, S. & Downing, J. A.; 1991. Epiphyton biomass is related to lake trophic status, depth and macrophyte architecture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **48**, 2285-91.
- 24- Morin, A. & Cattaneo, A., 1992. Factors affecting sampling variability of freshwater periphyton and the power of the periphyton studies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 1695-1703.
- 25- Biggs, B. J. F., 1987. Effects of sample storage and the mechanical blending on the quantitative analysis of river periphyton. *Freshwater Biol.*, **18**, 197-203.
- 26- Hoffman, D.J.; Burton, G.A.; Cairns, J. 1995. *Handbook of Ecotoxicology*. Boca Raton, Lewis, 775.
- 27- Magurran, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Veda, Barcelona, 200p.
- 28- Huston, M.A. 1995. Biological diversity. *The coexistence of species on changing landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, 681p.
- 29- INCYTH-CTUAA-ILPLA., 1995. Evaluación de la cuenca Matanza -Riachuelo a partir del estudio de la comunidad bentónica (macroinvertebrados-diatomeas bentónicas). Report. Buenos Aires. 150 p.
- 30- Alves, J.P.; Aguiar, W. V.; Effigen, J.I.; Pereira, A. S. 1999. Avaliação Ecotoxicológica utilizando *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (Bacillariophyceae) em efluentes da Companhia Siderúrgica de Tubarão- CST - antes e depois de melhorias no sistema de tratamento de amônia. In: VIII REUNIAO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, Porto de Galinhas, PE. 22 a 26 de setembro/1999. *Resumos*. 118p.
- 31- Domitrovic, Y.Z. de; Asselborbn. 2001. Analisis del Fitoplancton de una Laguna Impactada por la descarga de un efluente textil (Corrientes, Argentina) aplicación de bioensayos de Toxicidad. In: *Ecotoxicología: Perspectivas para o Século XXI*. (ed. Spindola, E.L.). 407-425p.