

APORTES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE REMEDIACIÓN BIOLÓGICA DE FLUENTES INDUSTRIALES Y DE LIXIVIADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Fioramonti Nicolás^A

^A*Laboratorio de Ecotoxicología – Facultad de Humanidades y Ciencias. Universidad Nacional del Litoral*

Área: Ciencias Biológicas

Sub-Área: Biotecnología

Grupo: Y (Becario de la Fundación Banco Santa Fe)

Palabras clave: Biorremediación, Cromo, Residuos Sólidos Urbanos

INTRODUCCIÓN

En la Provincia de Santa Fe, el vertimiento de efluentes se encuentra reglamentado por la resolución N° 1089/82, la cual establece las condiciones a las que deben ajustarse los líquidos residuales para alcanzar las condiciones de vuelco aceptables para su descarga a los cuerpos receptores. Las industrias y los municipios provinciales suelen contar con instalaciones para tratamiento de efluentes antes de su volcado al ambiente, para disminuir su carga de contaminantes y así cumplir con la normativa vigente. En dicho tratamiento, el proceso de depuración biológica constituye un punto crítico determinante de la eficiencia global, ya que en el mismo se reducen las concentraciones de compuestos contaminantes a valores mínimos, imposibles de alcanzar con el tratamiento fisicoquímico (Mayol y Hammerly, 2012).

El papel principal en la oxidación biológica es llevado a cabo por las bacterias aerobias y anaerobias presentes en las diferentes etapas del tratamiento. Sin embargo, existen otros organismos que forman un ensamble de especies presentes en el tratamiento y que cumplen un rol importante en el mantenimiento del equilibrio de la propia comunidad bacteriana. Este ensamble de especies está integrado principalmente por protozoos ciliados (fijos y de nado libre) y metazoos, dentro de los cuales suelen encontrarse rotíferos, nemátodos y pequeños artrópodos (Madoni, 1993; Salvadó y col., 2004; Yiannakopoloulou, 2009). Sin embargo, poco se conoce acerca de la composición cuali y cuantitativa de estos ensamblajes biológicos, la cual puede incluso modificarse a lo largo del proceso, por lo que consideramos relevante contar con una descripción detallada de la microfauna que compone el ecosistema del tratamiento biológico.

En este sentido, el objetivo general del presente trabajo fue contribuir al conocimiento del uso de microorganismos para optimizar la remediación biológica de efluentes industriales y de líquidos lixiviados de una planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) antes de su vuelco al río Salado, como aporte a la preservación de su integridad ecosistémica.

OBJETIVOS

1) Realizar una caracterización de parámetros físicos, químicos y biológicos de efluentes provenientes de la Industria del cuero (Esperanza, Santa Fe).

Proyecto de Innovación Tecnológica de la Fundación del Nuevo Banco de Santa Fe:
“Optimización de procesos de remediación biológica de efluentes industriales y de lixiviados de Residuos Sólidos Urbanos” (2015-2016).

Director del proyecto: Dra. Luciana Regaldo. Dra. Ana María Gagneten

Director del becario/tesista: Dra. Luciana Regaldo. Dra. Ana María Gagneten

- 2) Analizar a escala de laboratorio la eficiencia de *Chlorella vulgaris* para remover cromo (Cr) a partir de efluentes provenientes de la industria del cuero (Esperanza, Santa Fe) en Foto-Bio Reactores (FBR).
- 3) Determinar el tiempo en el que la eficiencia de remoción de Cr por *Chlorella vulgaris* es máxima.
- 4) Aportar al conocimiento de la caracterización biológica, física y química de los lixiviados producidos en el Complejo Ambiental de la ciudad de Santa Fe.
- 5) Analizar cuali y cuantitativamente el ensamble de taxa de microorganismos (bacterias, protozoos y metazoos) presentes en líquidos lixiviados en ambos períodos.

METODOLOGÍA

Ensayos de remoción de Cromo con *C. vulgaris*

Los efluentes fueron aportados por el Consorcio para la Preservación de la Ecología S.A. (CPE) localizado en la ciudad de Esperanza (Santa Fe). Éstos provienen de industrias como SADESA S.A., Copox S.R.L., Yeruvá S.A., Manufacturas del Interior S.A. y de la Municipalidad de la ciudad de Esperanza. Las muestras fueron recolectadas en dos puntos, uno anterior a la entrada del reactor biológico y otro a la salida del proceso de decantación posterior al reactor.

Para los ensayos de remediación se cultivaron cepas de *Chlorella vulgaris* (Beijerinck Novakova, 1890) (CLV2) bajo condiciones controladas en FBR, en medio nutritivo propuesto por Sager y Granick (1953) (Bold Basal Medium (BBM)). Luego fueron cosechadas en fase de crecimiento exponencial, centrifugadas 2 veces y resuspendidas en agua bidestilada ultrapura estéril 24 h antes del inicio de cada ensayo. Los FBR de banco fueron llenados con efluentes inoculados con concentraciones conocidas de microalgas (cél.mL⁻¹). Los mismos contaron con dispositivos de medición accesorios que registraron las variables fisicoquímicas del proceso en tiempo real. En diferentes tiempos de exposición se tomaron alícuotas que fueron centrifugadas, separando el efluente del pellet de algas.

Finalmente se cuantificó la concentración de Cr en pellet y sobrenadante en los diferentes tiempos de exposición, mediante técnicas de digestión química y espectrofotometría de absorción atómica.

Caracterización Biológica y Fisicoquímica de lixiviados

Los líquidos lixiviados generados por la disposición final de los RSU mediante el sistema de relleno sanitario fueron aportados por la empresa MILICIC S.A. Se realizaron dos muestreos con el fin de realizar análisis en dos períodos estacionales, uno de baja y otro de alta temperatura ambiental. Las muestras fueron extraídas del lixiviado crudo que ingresa al tratamiento (Punto1), de la entrada a la laguna aeróbica (Punto2) y de la entrada y salida de la laguna aeróbica (Puntos 3 y 4). Se determinaron los parámetros fisicoquímicos considerados de mayor relevancia: la demanda biológica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), el pH, los sólidos totales suspendidos (STS), concentración de metales pesados, entre otros. Se realizaron análisis biológicos basados en determinaciones cualitativas bajo microscopio óptico (Olympus Cx31) y uso de claves específicas. También se realizaron análisis cuantitativos mediante el conteo de organismos en cámara de Segdwick-Rafter de 1 cm³.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Ensayos de Remoción de Cromo con *C. vulgaris*

En la **Fig. 1** se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de remoción de Cr mediante el agregado de *C. vulgaris*. Los porcentajes de remoción en el control (pellet sin algas) fueron 55,8 % ($\pm 2,6$) y 53,6 % ($\pm 2,06$), mientras que en los tratamientos con *C. vulgaris* (pellet con algas) fueron 66,3 % ($\pm 0,05$) y 65,4 % ($\pm 0,16$) a las 24 y 48 h respectivamente, con diferencias significativas entre controles y tratamientos ($p = 0,001$). El Cr remanente en el sobrenadante disminuyó de manera significativa con el tiempo de exposición (0, 24 y 48 hs - $p < 0,01$). En tratamientos (con algas) se registraron correlaciones negativas y significativas entre la concentración final de Cr en el pellet y en el sobrenadante ($r = -0,69$; $p = 0,005$).

El análisis de la cinética de remoción de Cromo arrojó los siguientes porcentajes: 59,22%, 60,96%, 62,79%, 63,36% y 60,69% a las 6, 10, 24, 30 y 36 h respectivamente cuando se agregaron microalgas al efluente

(**Fig. 2**), obteniéndose diferencias significativas entre controles y tratamientos ($p=0,001$). El porcentaje máximo de remoción se obtuvo a las 30 h (63,36%). Se registraron correlaciones negativas significativas entre la concentración final de Cr en pellet y sobrenadante ($r = -0,95$; $p = 0,01$).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que *C. vulgaris* es un eficiente acumulador de Cr en efluentes industriales aún bajo condiciones de estrés elevado (escasa aireación, alta turbidez, elevada concentración de Cr, etc.), presentando el mayor porcentaje de remoción entre las 24 y 30 horas de exposición. Por lo tanto se recomienda continuar con los estudios de optimización en el escalamiento del proceso.

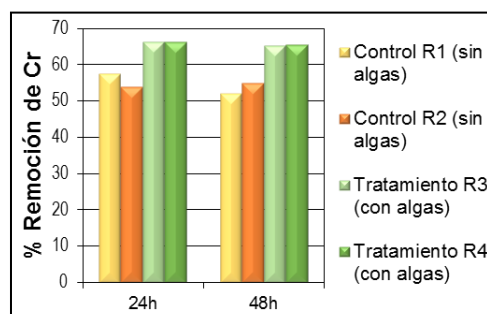


Figura 1

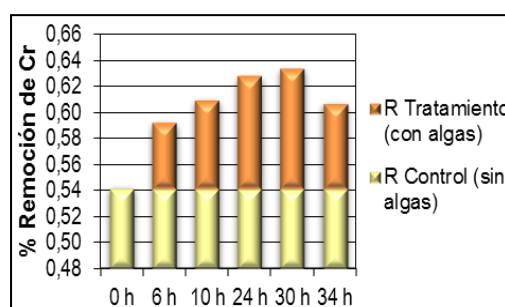


Figura 2

Caracterización de lixiviados de RSU

El análisis biológico cualitativo de las muestras mostró que tanto el lixiviado crudo como la laguna anaeróbica del tratamiento carecen de organismos eucariotas, que parecen limitarse a la etapa aeróbica del proceso. En esta última, se observaron organismos protozoarios principalmente representados por especies del phylum Ciliophora con diferentes hábitos ecológicos (especies sésiles, nadadoras libres, reptantes, etc.). Por otro lado, los metazoarios registrados estuvieron representados por Nematodos y por dos especies de rotíferos pertenecientes al género *Brachionus*. Los resultados se resumen en la **Fig. 3**.

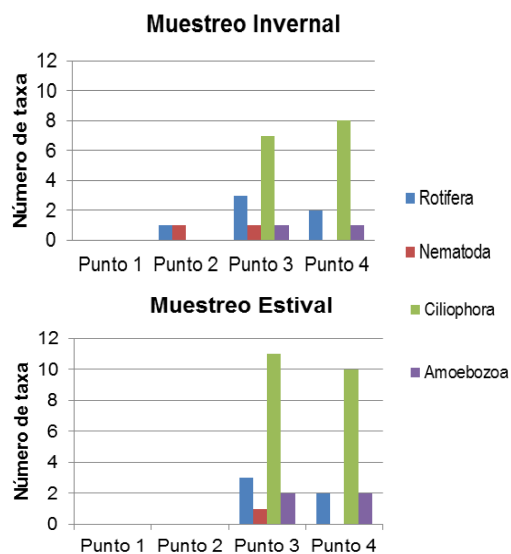


Figura 3

Por otro lado, mediante el análisis biológico cuantitativo se observó una dominancia del rotífero *Brachionus dimidiatus* en la laguna aeróbica en ambos muestreos, tanto en la entrada (Punto 3) como en la salida (Punto 4) de la misma. Dentro del grupo de los protozoarios, se destacó la presencia de algunos grupos nadadores libres (pleuronemátidos, *Astylozoon*, *Holophrya*), como así también de algunos ciliados suctóridos carnívoros (*Sphaerophrya*).

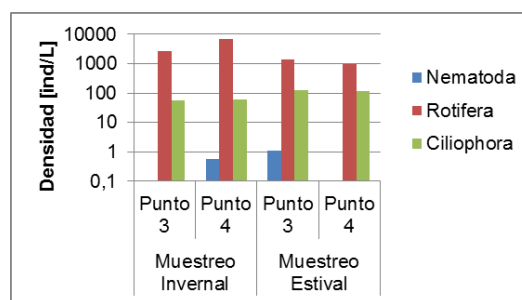


Figura 4

En la **Figura 4** pueden observarse las densidades absolutas de los taxos de mayor rango encontrados en los puntos 3 y 4 en ambos períodos de muestreo.

Finalmente, algunos de los parámetros fisicoquímicos más importantes se presentan en la **Tabla 1** a continuación:

	Invernal			Estival		
	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 2	Punto 3	Punto 4
pH	8	8	8	8,5	8,48	8,5
Conductividad [μ S/cm]	-	-	-	2965	3226	3233
Temperatura [°C]	-	-	-	30,9	30,5	34
DBO [ppm]	1502,4	201,1	191,4	465,4	313,7	130,3
DQO [ppm]	13391,8	7304	3826,2	17095,2	6704	3519,6
O2 disuelto [ppm]	-	-	-	6,96	7,4	6,6

Tabla 1

Los resultados del análisis del tratamiento de lixiviados sugieren que las comunidades de ciliados y rotíferos juegan el papel más relevante en la remoción de materia orgánica durante la etapa aeróbica. Se destacó la dominancia del rotífero *B. dimidiatus* en la laguna aeróbica, considerando que estos organismos no suelen presentar abundancias elevadas en estos tipos de procesos (Madoni, 1993; Salvadó y col., 2004; Yiannakopoulou, 2009). Debido a ello, se debería continuar investigando acerca del rol que juegan los rotíferos en el proceso de remediación.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Madoni, P. (1994) A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research* 28 (1): 67-75.

Yiannakopoulou, T. (2010) An ecosystem analysis of the activated sludge microbial community. *Journal of Environment Science and Health Part A* 45: 587-602.

Salvadó, H.; Palomo, A.; Mas, M.; Puigagut, J.; Gracia Mdel, P. (2004) Dynamics of nematodes in high organic loading rotating biological contactors. *Water Research* 38: 2571-2578.

Mayol, C.; Hammerly, J. (2012) Efluentes cloacales e industriales. Análisis, diseño de tratamientos y gestión. Primera ed. Centro de ed. técnicas colegio de ing. especialistas de la provincia de Santa Fe. 500 pp.

Serrano, S.; Arregui, L.; Perez-Uz, B.; Calvo, P.; Guinea A. (2008). Guidelines for the Identification of Ciliates in Wastewater Treatment Plants. London: IWA Publishing. 120 pp.