



Bioprocesos de aguas contaminadas del Canal Bancalari, cuenca del Río Reconquista utilizando una cepa autóctona de *Chlorella vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D



COMITÉ EDITORIAL

EDITOR EJECUTIVO:

Dr. Eberto Novelo

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
enm@ciencias.unam.mx

EDITORES ADJUNTOS:

Dr. Abel Sentfies

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México
asg@xanum.uam.mx

Dr. Juan Manuel Lopez-Bautista

Universidad de Alabama, United States of America
jlopez@biology.as.ua.edu

ASISTENTE EDITORIAL:

M. en C. Alejandra Mireles Vázquez

Fac. Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
alemiciencias@gmail.com

EDITORES ASOCIADOS (COMITÉ EDITORIAL TEMÁTICO)

[Florística, Taxonomía, Filogenia y sistemática, Biogeografía y distribución:](#)

Dr. Erasmo Macaya

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile
emacaya@oceanografia.udec.cl

M. en C. Gloria Garduño Solórzano

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México
ggs@servidor.unam.mx

Dr. Luis E. Aguilar Rosas

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California
aguilarl@uabc.edu.mx

Dra. Visitación Conforti

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires, Argentina
conforti@bg.fcen.uba.ar

[Biología celular y Bioquímica, Fisiología y Ecofisiología:](#)

Dra. Pilar Mateo Ortega

Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, España
pilar.mateo@uam.es

[Algas tóxicas y FANs:](#)

Dra. Marina Aboal Sanjurjo

Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España
maboal@um.es

Dr. Yuri Okolodkov

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, México
yuriokolodkov@yahoo.com

[Ecología de poblaciones y comunidades algales :](#)

Dra. Ligia Collado Vides

School of Environment, Arts and Society, Florida International University, United States of America
Ligia.ColladoVides@fiu.edu

Dra. Rosaluz Tavera

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
r_tavera@ciencias.unam.mx

[Ficología aplicada y biotecnología:](#)

Dra. Eugenia J. Olguín Palacios

Instituto de Ecología, Centro CONACYT
eugenia.olguin@inecol.mx

Dra. Marcia G. Morales Ibarria

División de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, México
mmorales@correo.cua.uam.mx

[Nomenclatura](#)

Dr. Francisco F. Pedroche

Depto. Ciencias Ambientales, División CBS, UAM-Lerma
e-mail:fpedroche@correo.ler.uam.mx

Esta publicación es financiada totalmente por el Editor Ejecutivo. No recibe subsidios ni pagos.

CINTILLO LEGAL

Cymbella Revista de investigación y difusión sobre algas. - Vol. 6 Núm. 2, mayo – agosto de 2020, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México, a través del Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Tel. (55) 56225430, <http://cymbella.mx/>, enm@ciencias.unam.mx. Editor responsable: Dr. Eberto Novelo Maldonado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2016-112410454200. ISSN: 2448-8100. Responsable de la última actualización de este número, Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Dr. Eberto Novelo Maldonado, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación, 13 de noviembre de 2020.

Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de los Editores ni de la Sociedad Mexicana de Ficología. El material publicado puede reproducirse total o parcialmente siempre y cuando exista una autorización de los autores y se mencione la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

Juan Gabriel Sánchez Novoa

Bioprocesos de aguas contaminadas del Canal Bancalari, cuenca del Río Reconquista utilizando una cepa autóctona de *Chlorella vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D.

Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales.

Universidad del Salvador, Facultad de Historia, Geografía y Turismo, Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia: juangabrielsancheznovoa@gmail.com

La mayoría de los ríos y arroyos de las principales cuencas que drenan el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) se encuentran muy modificados, con canalizaciones, rectificaciones, desviaciones, y entubamientos parciales o totales (Ambrosino *et al.* 2004; Atlas Ambiental de Buenos Aires, 2010) y un alto grado de contaminación industrial, cloacal, doméstico y rural (Magdaleno *et al.* 2001; Castañé *et al.* 2006; Fernández Cirelli & Ojeda 2008). En respuesta a estas alteraciones, los cuerpos de agua presentan una reducción en los niveles de oxígeno disuelto y un aumento en los niveles de nutrientes, particularmente nitrógeno, fósforo y metales pesados (Dhote 2007; Dhote & Dixit 2007; Magdaleno *et al.* 2014; Agencia de Protección Ambiental, 2019). La descarga de aguas residuales domésticas e industriales no tratadas en cuerpos acuáticos representa una seria amenaza de eutrofización, lo que lleva a una lenta degradación de los recursos hídricos (Olguin 2003) por la pérdida de especies y servicios ecosistémicos. Por lo tanto, se hace necesario reducir la carga de nutrientes de los efluentes antes que lleguen al cuerpo de agua receptor.

En los últimos años, se han desarrollado varios métodos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento de aguas residuales; entre estos, la fitorremediación que puede ser definida como el uso de microalgas para la remoción o biotransformación de contaminantes, incluyendo nutrientes y xenobióticos de las aguas residuales y retención de CO₂ del aire (Olguin 2003). Las microalgas son de gran interés en el campo de la biotecnología,

a expensas de la energía solar, convierten el CO₂ en metabolitos valiosos. Entre estos productos y subproductos se puede obtener biocombustibles y sustancias nutritivas aptas para consumo como alimentos o suplementos dietarios, cosméticos y productos farmacéuticos. Además, dado que las microalgas son sensibles a diversos contaminantes, se han utilizado para diseñar biosensores para la evaluación de la calidad del medio ambiente acuático (Lode *et al.* 2015). El alga verde *Chlorella vulgaris* es una de las más usadas en el tratamiento de aguas contaminadas por su rápido crecimiento, tolerancia a xenobióticos y eficiente remoción de nutrientes (Salgueiro *et al.* 2016).

Para la mayoría de las aplicaciones en fitorremediación, las microalgas se cultivan en suspensión. Sin embargo, distintas formas de inmovilización han sido estudiadas en los últimos tiempos (Bashan *et al.* 2002; Bashan & Bashan 2008; Krujatz *et al.* 2015) el atrapamiento de células vivas en distintos tipos de soportes como el alginato, el agar, la celulosa entre otros. Por su parte, el alginato es una matriz de polisacáridos que ha sido de gran utilidad en el campo biotecnológico por su utilidad para la elaboración de cápsulas esféricas, comúnmente denominadas "perlas" que además de proporcionar protección a las células y mantener su capacidad de multiplicación, facilitan la manipulación y recuperación tras el período de biorremediación en el sitio contaminado. (Trentini *et al.* 2017). Sin embargo, las perlas de alginato con el alga pueden ser predadas por la fauna presente en estos

cuerpos de agua a remediar (aves, peces, larvas de insectos, entre otros). Debido a ello, se plantea otro problema a solucionar en el desarrollo del proceso de biorremediación en espacios abiertos. En el presente trabajo se probará un dispositivo 3D impreso en ácido poliláctico (PLA) que posee la capacidad de ser un material sólido y biodegradable siendo amigable con el medio ambiente que proteja a las algas de la posible predación y permita el contacto entre las células inmersas en alginato y agua contaminada para llevar a cabo el proceso de biorremediación en geoceldas, definidas como sistemas de estanque abierto naturales o artificiales para el cultivo de microalgas (The National Academy of Science 2012).

La presente investigación tuvo como objetivo profundizar el conocimiento de la eficiencia y dinámica de remoción de nutrientes por una cepa autóctona de *Chlorella vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D para determinar su efectividad y aplicabilidad en el manejo y rehabilitación de sistemas acuáticos contaminados. El área de estudio se ubicó en el Canal Bancalari (Cuenca del Río Reconquista) en la provincia de Buenos Aires - Argentina en la estación de bombeo N° 9 que posee la autoridad de la cuenca UNIREC (Unidad de Coordinación del Proyecto Río Reconquista). La investigación se realizó en 3 etapas, la primera etapa (Ensayo 1) consistió en el cultivo y aclimatación a las características fisicoquímicas del agua del canal, en condiciones controladas de laboratorio de *C. vulgaris* inmovilizada en "perlas" de alginato. La segunda etapa (Ensayo 2) se realizó el montaje "in-situ" en condiciones no controladas de geoceldas con *C. vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D. Se realizaron 3 tratamientos por triplicado: Tratamiento *Chlorella* (G-Chl): geoceldas conteniendo algas inmovilizadas en dispositivos 3D; Tratamiento alginato (G-Al): geoceldas conte-

niendo dispositivos 3D con solo alginato sin algas y Tratamiento control (G-Ctrl): geoceldas conteniendo solo agua del canal. La tercera etapa (Ensayo 3) se evaluó el efecto biorremediador de las microalgas inmovilizadas en alginato dentro de estructuras 3D en condiciones controladas de laboratorio en un biorreactor tipo tanque agitado (Minifors, Infors HT®, Switzerland), con algas inmovilizadas en estructuras 3D en condiciones controladas a $24 \pm 2^\circ\text{C}$: Tratamiento *Chlorella* (B-Chl) Biorreactor conteniendo algas inmovilizadas en dispositivos 3D y Tratamiento control (B-Ctrl) Biorreactor conteniendo solo agua del canal. A los cinco días de tratamiento, se estimó la velocidad de crecimiento (μ), el tiempo de duplicación (dt) por recuento en cámara de Neubauer y por densidad óptica ($\text{DO}_{600\text{nm}}$). En el agua se determinaron las siguientes variables: pH, concentración de nitratos, nitrógeno amoniacal, Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fósforo reactivo soluble (PRS) antes y después de cada tratamiento. Los resultados obtenidos mostraron que el tiempo estimado de duplicación de biomasa inmovilizada en estructuras 3D alcanzó un máximo a los 2.18 días. El amonio (Ensayo 3) fue el que alcanzó mayor porcentaje de remoción, superior a 98%. Los porcentajes de remoción para el tratamiento por geoceldas fueron de amonio (96.9%), fosforo reactivo soluble (98.2%), nitratos (41.3%), nitrógeno Inorgánico Disuelto-NID (46.4%). La biorremediación con *C. vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D, resultó ser una alternativa efectiva para remover los nutrientes del agua del Canal Bancalari.

Palabras Clave: algas unicelulares, nutrientes, fitorremediación, inmovilización.

Texto completo disponible a solicitud al autor

DIRECTORIO

COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Sociedad Mexicana de Ficología
Mesa Directiva 2020-2022

Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza

Presidente
Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación
Facultad de Ciencias (UMDI-FC-J-UNAM)
Juriquilla, Querétaro
somfico2022@gmail.com

Dra. Ileana Ortigón Aznar

Vicepresidenta
Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)
Mérida, Yucatán
oaznar@correo.uady.mx

Dr. José Zertuche González

Secretario Académico
Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO-UABC)
Ensenada, BC
zertuche@uabc.edu.mx

Dra. Miriam G. Bojorge García

Secretaria Administrativa
Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación
Facultad de Ciencias (UMDI-FC-J-UNAM)
Juriquilla, Querétaro
mbg@ciencias.unam.mx

Dr. José Antolín Aké Castillo

Secretario de Difusión y Extensión
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías
Universidad Veracruzana
aake@uv.mx

CRÉDITO DE FOTO DE LA PORTADA

Ambiente intermareal con un ensamble de macroalgas bentónicas en
Playa Paraíso, La Mancha, Veracruz, México. Foto de A. Senties ©.

