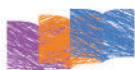


Elena María Abraham
Rubén D. Quintana
Gabriela Mataloni
(editores)

agua +

HUMEDALES

SERIE



FUNITEC
Fundación Innovación y tecnología
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN**

FUTUROS es un programa de FUNITEC y la Universidad Nacional de San Martín



FULLBROS

SERIE FUTUROS

Alberto Pochettino

Director

Miguel Blesa

Responsable científico

Sebastián Savino

Coordinador

AGUA Y HUMEDALES

COMITÉ EDITOR

Elena María Abraham

Rubén D. Quintana

Gabriela Mataloni

COMITÉ REVISOR CIENTÍFICO

Elena María Abraham

Miguel Blesa

Roberto Candal

Jose Joel Carrillo Rivera

Gerardo Castro

Daniel Cicerone

María Dos Santos Alfonso

Alicia Fernandez Cirelli

Adonis Giorgi

Marta Litter

Gabriela Mataloni

Christian Navntoft

Alberto Pochettino

Rubén D. Quintana

Adriana Urciuolo

Elisabet Wehncke

Aguas + Humedales / Miguel Blesa... [et al.]; compilado por Elena María Abraham; Rubén D. Quintana; Gabriela Mataloni; prólogo de Alberto Pochettino. - 1ª ed.-San Martín: UNSAM EDITA, 2018.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4027-68-9

1. Gestión Ambiental. 2. Cambio Climático. I. Blesa, Miguel. II. Abraham, Elena María, comp. III. Quintana, Rubén D., comp. IV. Mataloni, Gabriela, comp. V. Pochettino, Alberto, prolog.

CDD 551.6

1ª edición junio 2018

© 2018 de la edición Elena María Abraham

© 2018 de la edición Rubén D. Quintana

© 2018 de la edición Gabriela Mataloni

© 2018 UNSAM EDITA de Universidad Nacional de San Martín

UNSAM EDITA

Edificio de Containers, Torre B, PB

Campus Miguelete

25 de Mayo y Francia, San Martín (B1650HMQ), prov. de Buenos Aires, Argentina

unsamedita@unsam.edu.ar

www.unsamedita.unsam.edu.ar

Diseño de interior y tapa: Ángel Vega

Los lectores de este libro tienen, en forma gratuita, la libertad de utilizar, estudiar, aplicar y compartir su información, siempre que se mencione la obra y el autor original. El material de este libro puede ser utilizado citando la procedencia de esta manera:

Abraham, María Elena; Quintana, Rúben D. y Mataloni, Gabriela (eds.) (2018). *Aguas + Humedales*. Buenos Aires, UNSAM EDITA.

El contenido y la originalidad de los artículos de esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores. Las opiniones y puntos de vista expresados en este libro no necesariamente reflejan los de los editores.

Queda hecho el depósito que dispone la Ley 11.723

Editado en la Argentina

PRÓLOGO

11

Alberto Pochettino

CONFERENCIAS

Apuntes para pensar los grandes problemas del agua en el siglo XXI

18

Miguel Blesa

El agua en Latinoamérica

34

Alicia Fernández Cirelli

Los servicios urbanos de agua potable y saneamiento en Argentina. Estado actual y desafíos

46

**Emilio J. Lentini
Federica Brenner
Augusto Mercadier**

Gestión de los recursos hídricos

60

Víctor Pochat

New perspectives in the watershed approach for water management

82

José Galizia Tundisi

Economía del agua y su ambiente

94

Armando Llop

Agua, desertificación y cambio climático en las tierras secas

110

Elena María Abraham

Gestión y manejo del agua en el sector productivo: visión y misión del Programa Nacional Agua (INTA)

142

**Daniel Prieto Garra
Francisco Damiano
Alberto R. Quiroga
Roberto S. Martínez**

Vivir sin humedales

152

**Patricia Kandus
Priscilla Minotti**

Humedales, biodiversidad y servicios ecosistémicos. ¿Hacia dónde vamos?

174

Rubén D. Quintana

Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas: Esteros del Iberá y bajos submeridionales	194	Leticia Rodríguez
Arsénico en agua	210	Marta Litter
Descontaminación de aguas mediante oxidación avanzada con radiación solar: un proceso doblemente sostenible	226	Sixto Malato Rodríguez
Agua, energía y ambiente: un desafío para el desarrollo sostenible	242	Raúl Antonio Lopardo
Impactos ecológicos y socioeconómicos de la cons- trucción de represas sobre la ictiofauna y las pesquerías de los grandes ríos de América del Sur	256	Claudio R. M. Baigún
Agua y sedimentos: testigos clave de una contaminación anunciada	278	Silvia Grinberg Natalia Porzionato Eliana Bussi Luciano Mantiñan Ricardo Gutiérrez Gustavo Curutchet
ARTÍCULOS DE ALUMNOS BASADOS EN SUS PRESENTACIONES		
Cartografías de riesgos de inundaciones y anegamientos en la provincia de Corrientes (Argentina)	296	Mariana Paola Odriozola Félix Ignacio Contreras
Estudio de indicadores físico-quí- micos y toxicológicos del agua superficial del bajo río Paraná	303	Julieta Peluso Carolina M. Aronzon Cristina S. Pérez Coll

- Impacto de la presencia de microcontaminantes sobre la calidad del agua de bebida en la producción ganadera **319** **María Soledad Rodríguez**
Alicia Fernández Cirelli
Alejo Pérez Carrera
- Fitorremediación de aguas grises con ornamentales comerciales **323** **Ángela Y. Romero Mozqueda**
María Cecilia Valles Aragón
María Teresa Alarcón Herrera
- Uso eficiente, tecnología y gestión de agua para uso agrícola y consumo humano **333** **Rodolfo Cisneros-Almazán**
Oscar A. Díaz de León-Zavala
Clemente Rodríguez-Cuevas
Rodolfo Cisneros-Pérez
- Barragens na bacia do alto rio Paraguai: uma ameaça para a maior área úmida do planeta **342** **Silvia Zanatta**
- Variaciones en las características hidroquímicas de la subcuenca del río Ambato, provincia de Catamarca, Argentina **349** **Olivia Bulacios Muñiz**
- Uso de datos multitemporales Landsat para la delimitación y caracterización de lagunas en la planicie de inundación del bajo río Paraná **357** **Maira Patricia Gayol**
Natalia Morandeira
Patricia Kandus
- Consecuencias de la expansión urbana sobre el paisaje de lagunas de lomadas arenosas (Corrientes, Argentina) **363** **Félix Ignacio Contreras**
Elsie Araseli Ojeda
- Uso de múltiples indicadores para evaluar la calidad ambiental en las islas del Delta del río Paraná bajo diferentes usos productivos **370** **Pamela Krug**
Carolina Aronzon
Gabriela González Garraza
Julieta Peluso
Facundo Schivo
Gabriela Svartz

Agriculturización y degradación de humedales: cambios e intensificación en el uso de la tierra y efectos sobre la biodiversidad taxonómica y funcional de la vegetación en el Bajo Delta del Paraná	378	Diego Sebastián Aquino
Patrones de distribución de las comunidades de humedales patagónicos a una escala de paisaje	390	Luz M. Manzo Luis B. Epele Marta G. Grech Patricia Kandus María L. Miserendino
Inventario de humedales en tierras secas y valoración de sus servicios ecosistémicos: el caso de los humedales de la cuenca del río Blanco	400	María Clara Rubio Elena Abraham Rubén D. Quintana
Clasificación y mapeo de humedales según su hidroperíodo en el marco de un inventario de humedales: el caso de la llanura costera de Ajó-Samborombón	410	Laura San Martín Natalia Morandeira Rafael Grimson Patricia Kandus
Los bosques fluviales como indicadores del flujo y permanencia del agua	416	Violeta Amancay Zambiasio Sylvina Lorena Casco Juan José Neiff
Identificación y descripción del impacto ambiental en un tambo caprino	423	María Laura Galotta Horacio Martínez Analia Iriel Alicia Fernández Cirelli
Estudio de la presencia de elementos traza de importancia nutricional y toxicológica en la producción primaria de leche	427	Flavia Elisa Arellano Andrea Calzetta Resio Alejo Pérez Carrera

Estudio del impacto del arsénico presente en el agua de bebida animal, sobre la salud y producción de ganado	434	Cristina V. Alvarez Gonçalvez Alejo Pérez Carrera Alicia Fernández Cirelli
Remoción de compuestos fenólicos de aguas superficiales y efluentes	441	Érica Beiguel Enrique Hughes Anita Zalts Javier Montserrat
Caracterización del uso de hábitat de juveniles de <i>Mugil cephalus</i> en la costa mediterránea valenciana mediante la microquímica del otolito	448	Roberta Callicó Fortunato Vicent Benedito Durà Alejandra Volpedo
Degradación del plaguicida imazalil acoplado técnicas avanzadas de oxidación y tratamientos biológicos	455	Federico Ariganello Elsa López Loveira Roberto Candal Gustavo Curutchet
Estudios cinéticos de la adsorción de arsénico del rechazo de la ósmosis inversa en suelo laterítico	462	Cynthia Corroto Analía Iriel Enrique Calderón Alicia Fernández Cirelli Alejo Pérez Carrera
Dinámica e impacto de la eutrofización por aportes urbanos en las cuencas hídricas y zona costera de la ciudad de Ushuaia, Tierra del Fuego	468	Soledad Diodato Laura Comoglio Alicia Moretto Jorge Marcovecchio
Síntesis y caracterización de fotocatalizadores de TiO ₂ nanomodificados con Ag para descontaminación de aguas en Santiago del Estero	476	Fernanda E. Monasterio Claudio D. Borsarelli Faustino E. Morán Vieyra
Sobre los editores	484	

Degradación del plaguicida imazalil acoplando técnicas avanzadas de oxidación y tratamientos biológicos

Federico Ariganello¹
Elsa López Loveira²
Roberto Candal³
Gustavo Curutchet⁴



Palabras clave: Bioproceso; foto-Fenton; imazalil; tratamiento acoplado.

1. Introducción

El imazalil (IMZ) es uno de los fungicidas poscosecha más ampliamente utilizado para controlar una gran cantidad de hongos que atacan frutas, vegetales y plantas ornamentales [1, 2]. Pertenece al grupo de los imidazoles y su fórmula química es (RS)-1-(β-aliloxi-2,4-diclorofeniletil)imidazol. Este fungicida está clasificado como probable carcinógeno por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA, 1999). Es moderadamente soluble en agua (1400 mg.l⁻¹) y muy soluble en solventes orgánicos. Es estable a temperatura ambiente y altamente persistente en suelos, con una vida media reportada de 120-190 días, por lo tanto es esencial el tratamiento previo a su descarga en los cursos de agua naturales [1].

Los tratamientos convencionales en general no son efectivos con efluentes que contienen compuestos recalcitrantes debido a la toxicidad o poca biodegradabilidad de los mismos. Por lo tanto, es necesario utilizar algún tipo de pretratamiento para transformar al contaminante en intermediarios con mayor biodegradabilidad [3]. Una alternativa son las técnicas avanzadas de

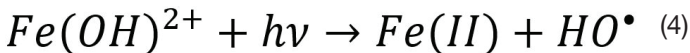
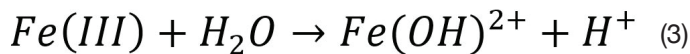
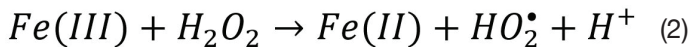
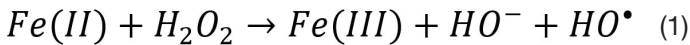
1 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.
fariganello@gmail.com.

2 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.

3 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.

4 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.

oxidación (TAO), basadas en la generación del radical hidroxilo (OH·), el cual es capaz de oxidar completamente contaminantes muy poco reactivos y reacciona de forma no selectiva con los compuestos orgánicos [4]. En este trabajo, se utilizó un proceso foto-Fenton, donde estos radicales son generados por la descomposición del peróxido de hidrógeno en presencia de Fe(II) según la reacción (1).



La velocidad de este proceso está limitada por la regeneración del Fe(II), necesario para continuar el ciclo (2), sin embargo puede incrementarse mediante la iluminación con luz solar o artificial (3 y 4).

La principal desventaja de las TAO es el costo operacional (consumo de luz y reactivos químicos). Sin embargo, pueden ser utilizadas como pretratamiento al acoplarlas a un proceso biológico. Al combinar una oxidación química con una biológica, es necesario ajustar el tiempo de tratamiento químico para obtener un efluente lo suficientemente biodegradable como para continuar en la siguiente etapa de biooxidación [5].

2. Objetivos

El propósito de este trabajo es realizar el tratamiento de un efluente que contiene el fungicida imazalil, mediante la combinación de un tratamiento avanzado de oxidación foto-Fenton y sistemas biológicos.

3. Metodología

El consorcio bacteriano utilizado durante este trabajo fue obtenido a partir de barros provenientes de una planta de

empaquetamiento de una industria frutihortícola de Río Negro. Estos microorganismos se cultivaron en un medio líquido, rico en presencia del plaguicida IMZ como presión selectiva, realizando luego subcultivos sucesivos hasta alcanzar una concentración máxima de 500 mg.l^{-1} de IMZ. A partir de este consorcio resistente al IMZ, se repitió el mismo procedimiento usando una solución de IMZ preoxidada mediante el proceso foto-Fenton para obtener un consorcio resistente a productos de fotocatalisis.

Se trataron soluciones de Xedrel 50[®] con una concentración de 500 mg.l^{-1} de IMZ (principio activo) por medio de un proceso foto-Fenton. Se utilizó $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($0,15 \text{ mM}$) y distintas concentraciones de H_2O_2 agregadas en una o varias dosis (9 mM , 3 dosis de 3 mM ($3 \times 3 \text{ mM}$), 27 mM , $3 \times 9 \text{ mM}$, 36 mM , 40 mM , 54 mM , $3 \times 18 \text{ mM}$ y 80 mM) en medio ácido ($\text{pH } 3$). El tratamiento se realizó en un sistema *batch* agitado de 250 ml , a una temperatura constante de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. El sistema fue iluminado desde arriba con una lámpara de luz negra UVA de 20 W . El recipiente se cubrió con papel aluminio para concentrar la radiación recibida en la solución.

Periódicamente se midieron la temperatura y el pH, y se tomaron muestras para medir H_2O_2 (método colorimétrico con metavanadato de sodio), carbono orgánico total (COT) en un analizador *TOC-L Shimadzu* e IMZ por HPLC en un equipo *Shimadzu*. Se utilizó sulfito de sodio o acetonitrilo para detener la reacción al realizar el muestreo para medir COT e IMZ, respectivamente. Para poderlo acoplar a un sistema biológico se continuó el ensayo hasta observar la desaparición de H_2O_2 (ya que resulta tóxica para los microorganismos). Al finalizar el proceso se midió la DQO de cada sistema mediante un método colorimétrico con dicromato de potasio.

Luego de los distintos tratamientos foto-Fenton, 50 ml de cada una de las soluciones fueron acopladas a un sistema biológico. Estas fueron suplementadas con micronutrientes inorgánicos ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2 g.l^{-1} , K_2HPO_4 1 g.l^{-1} , MgSO_4 $0,1 \text{ g.l}^{-1}$ y CaCl_2 $0,01 \text{ g.l}^{-1}$), se ajustó el pH a 7 y luego se inocularon con 1 ml del consorcio bacteriano adaptado a los productos intermediarios. Los cultivos se realizaron por duplicado y fueron mantenidos en agitación (130 rpm) a temperatura y pH constantes, 25 y $7 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente. Periódicamente se tomaron muestras para medir la evolución de la concentración de COT. Al finalizar el tratamiento, se midió la DQO de cada sistema.

4. Resultados y discusión

Se logró aislar un consorcio de microorganismos resistentes a una alta concentración de IMZ (el cual no se ve afectado por el agregado de IMZ) y, a partir de este, un consorcio resistente a los intermediarios generados por el tratamiento foto-Fenton.

En la figura 1A se muestra la evolución en el tiempo de la concentración de IMZ durante el tratamiento foto-Fenton de muestras con el plaguicida comercial Xedrel 50® (500 mg.l⁻¹ IMZ) y distintas concentraciones iniciales de H₂O₂. Para todos los sistemas, el IMZ se degrada casi totalmente luego de 4 horas de tratamiento.

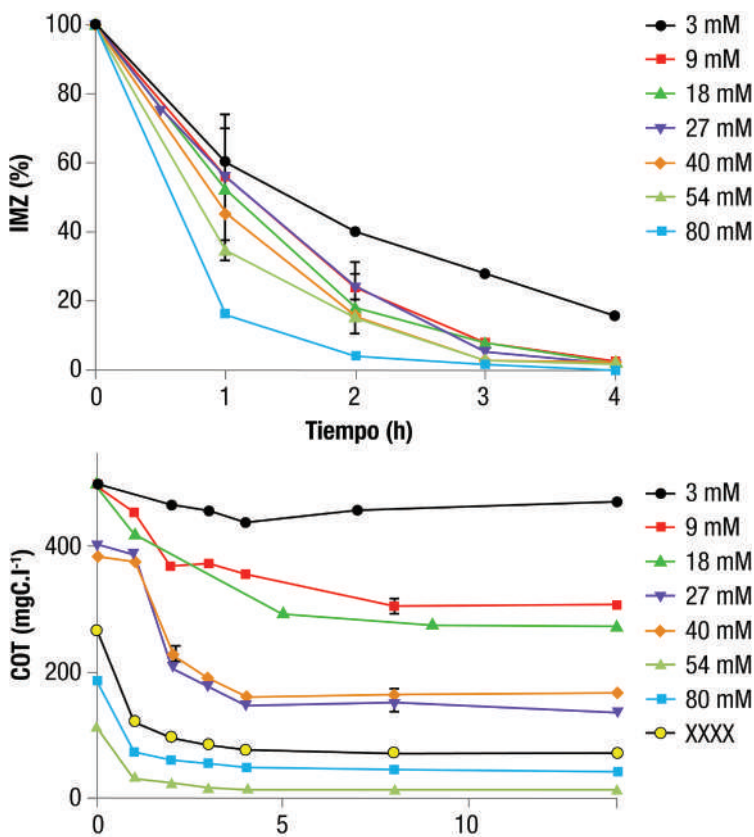


Figura 1 (A). Evolución de la concentración de IMZ durante el tratamiento foto-Fenton de solución de 500 mg.l⁻¹ de IMZ con distintas concentraciones de H₂O₂; (B). Aporte del tratamiento foto-Fenton y biológico a la degradación total (COT). Concentraciones de H₂O₂ utilizadas: 0 mM (●), 9 mM (▲), 3 x 3 mM (■), 27 mM (▼), 3 x 9 mM (◆), 54 mM (○), 3 x 18 mM (□) y 80 mM (Δ). Elaboración propia.

Al aumentar la concentración de H_2O_2 utilizada durante el proceso foto-Fenton se observó una disminución de la DQO y del COT cada vez mayor (datos no mostrados). La administración de H_2O_2 en varias dosis incrementó la eficiencia del proceso, observándose una mayor mineralización y oxidación que incorporando la misma cantidad de H_2O_2 en una sola dosis. Esto fue reportado por distintos investigadores y puede deberse al secuestro de radicales hidroxilo por el peróxido de hidrógeno al agregar una alta dosis inicial de H_2O_2 [6].

Se acopló un tratamiento biológico a estas soluciones para mejorar el grado de oxidación de las soluciones del plaguicida. Se observó que a medida que aumenta la concentración de H_2O_2 utilizada durante el proceso de oxidación avanzada, se alcanzan niveles de COT menores en el tratamiento biológico (figura 1B). Esto se debe a que se obtienen productos intermedios de tratamiento con mayor biodegradabilidad que el compuesto original, y por lo tanto más fácilmente asimilables por el consorcio bacteriano.

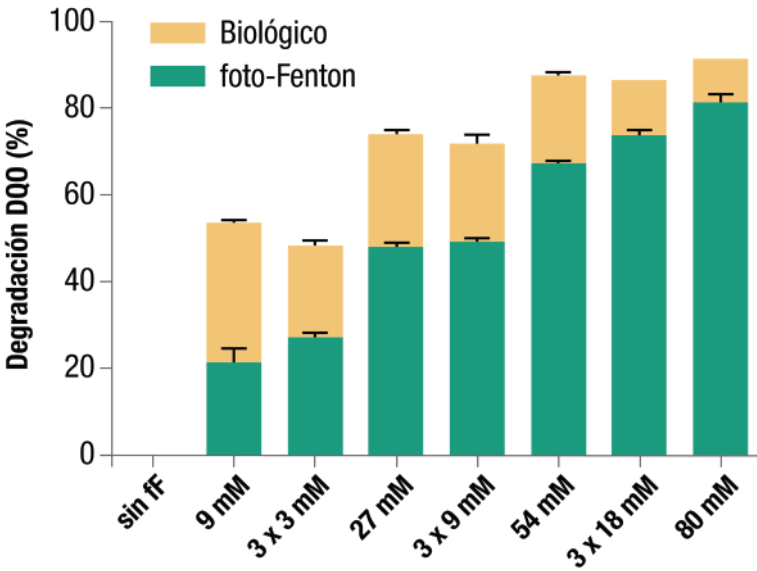


Figura 2. Aporte del tratamiento foto-Fenton y biológico a la degradación total (DQO). Elaboración propia.

El aporte del proceso biológico a la degradación disminuye al aumentar la dosis del H_2O_2 , ya que la solución inicial contiene

sustratos más oxidados y, por lo tanto, una fuente de carbono más pobre en energía para los microorganismos. En cuanto al proceso combinado, se observa que el porcentaje de degradación del COT y de la DQO aumenta al incrementar la cantidad de H_2O_2 utilizada durante el tratamiento foto-Fenton (figura 2).

Los valores de DQO alcanzados permiten la descarga a cloaca del efluente obtenido para todos los sistemas, descarga a suelos para los sistemas con una concentración de H_2O_2 de 27 mM o mayor e, incluso, descarga a ríos en los sistemas tratados con una concentración de H_2O_2 igual o mayor a 54 mM (ACUMAR, Resolución N° 001/2007).

5. Conclusiones

Se logró obtener un cultivo de microorganismos resistentes a altas concentraciones del plaguicida IMZ (500 mg.l⁻¹).

El tratamiento foto-Fenton elimina completamente el IMZ y genera intermediarios de oxidación con mayor biodegradabilidad. La oxidación del plaguicida comercial durante este proceso fue parcial, por lo que se decidió acoplarlo a un sistema biológico para continuar oxidándolo.

Se optimizó la dosificación de H_2O_2 durante el tratamiento foto-Fenton, que permite una eficiente degradación biológica minimizando los costos. Durante el tratamiento acoplado se alcanzaron valores de DQO que permiten la descarga del efluente a cloaca según la normativa provincial vigente, o la descarga a suelos y ríos utilizando dosis mayores de H_2O_2 . El proceso acoplado muestra un gran potencial para el tratamiento de efluentes líquidos conteniendo IMZ de la industria frutihortícola.

Bibliografía

[1] Hazime, R. *et al.* (2012). "Photocatalytic degradation of imazalil in an aqueous suspension of TiO₂ and influence of alcohols on the degradation", *Applied Catalysis B: Environmental* 126, Sep., pp. 90-99.

[2] Vass, A.; Korpics, E. y Dernovics, M. (2015). "Follow-up of the fate of imazalil from post-harvest lemon surface treatment to a baking experiment", *Food Additives & Contaminants: Part A*, v. 32, n. 11, Oct., pp. 1875-1884.

[3] Dunia, E. *et al.* (2015). "Treatment of wastewater containing imazalil by means of Fenton-based processes", *Desalination and Water Treatment*, v. 57, n. 30, Jul., pp. 1-13.

[4] Malato, S. *et al.* (2009). "Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends", *Catalysis Today*, v. 147, n. 1, Sep., pp. 1-59.

[5] Ballesteros Martín, M. M. *et al.* (2010). "A comparative study of different test for biodegradability enhancement determination during AOP treatment of recalcitrant toxic aqueous solutions", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 73, n. 6, Sep., pp. 1189-1195.

[6] Primo, O.; Rivero, M. J. y Ortiz, I. (2008). "Photo-Fenton process as an efficient alternative to the treatment of landfill leachates", *Journal of Hazardous Materials*, v. 153, n. 1-2, May, pp. 834-842,

Sobre los editores

Elena María Abraham es investigadora principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), profesora universitaria en Ordenamiento Ambiental y directora del Centro Científico Tecnológico (CCT) CONICET, Mendoza. Lidera un grupo interdisciplinario y consolidado de investigación, ordenamiento y gestión de las tierras secas afectadas por desertificación. Ha publicado más de 60 artículos en revistas especializadas nacionales e internacionales y numerosos libros y capítulos de libro.

Rubén D. Quintana es doctor de la Universidad de Buenos Aires (Ciencias Biológicas) y está especializado en Ecología. Ha realizado estudios posdoctorales en la Universidad de Harvard (EE. UU.) y en la Sede para el Estudio de los Humedales Mediterráneos de la Universidad de Valencia (España). Es investigador principal del CONICET y profesor asociado del Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3iA) de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). Es coordinador de la Comisión Asesora sobre Biodiversidad y Sustentabilidad del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación y presidente de la Fundación Humedales.

Gabriela Mataloni es investigadora principal del CONICET y profesora asociada en la UNSAM, donde dirige el grupo de Limnología, en el Laboratorio de Biodiversidad, Limnología y Biología de la Conservación, del 3iA. Participa de varias comisiones asesoras en temas de biodiversidad y ambiente. Ha publicado más de 50 trabajos de investigación en revistas nacionales e internacionales.