



Desarrollo sostenible

en el centro norte
de la provincia de Santa Fe

3. Ambiente



Ana María Canal
directora

Horacio Rodríguez · Leticia Rodríguez
editores del volumen

ediciones **UNL**



Desarrollo sostenible

en el centro norte
de la provincia de Santa Fe

3. Ambiente

Ana María Canal

directora

Horacio Rodríguez

Leticia Rodríguez

editores del volumen

ediciones UNL

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL LITORAL**

Rector
Enrique Mammarella
Secretario de Planeamiento
Institucional y Académico
Miguel Irigoyen



Consejo Asesor
Colección Ciencia y Tecnología
Graciela Barranco
Ana María Canal
Miguel Irigoyen
Gustavo Ribero
Luis Quevedo
Ivana Tosti
Alejandro R. Trombert

Dirección editorial
Ivana Tosti
Coordinación editorial
María Alejandra Sedrán
Coordinación diseño
Alina Hill
Coordinación comercial
José Díaz

Diagramación interior y tapa
Verónica Rainaudó

© Ediciones UNL, 2021.

—
Sugerencias y comentarios
editorial@unl.edu.ar
www.unl.edu.ar/editorial

Ambiente /
Leticia Rodríguez ... [et al.]; coordinación
general de Verónica Reus ... [et al.];
dirigido por Ana María Canal; editado
por Horacio Rodríguez; Leticia Rodríguez;
prólogo de Enrique J. Mammarella.
– 1a ed.– Santa Fe : Ediciones UNL, 2021.
Libro digital, PDF – (Ciencia y Tecnología)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN OC 978–987–749–281–1
ISBN Vol 3 978–987–749–286–6

1. Producción. 2. Desarrollo Humano.
3. Energía Renovable. I. Rodríguez, Leticia,
ed. II. Reus, Verónica, coord. III. Canal,
Ana María, dir. IV. Rodríguez, Horacio, ed.
V. Mammarella, Enrique J., prolog.
CDD 338.01

© del prologuista,
Enrique J. Mammarella, 2021.

Dirección
Ana María Canal
Coordinación general
Verónica Reus
Eduardo Picco
Priscila Fernández
Carolina Revuelta

Ilustración de tapa
Beatriz Martín, patrimonio MAC-UNL
Adaptación de ilustración
Dpi Santa Fe



Autoras y autores de este volumen

Adam, Claudia
Alberdi, Ramiro
Altamirano, Gabriela A.
Álvarez León, Camilo A.
Amavet, Patricia S.
Argaraña, María Fernanda
Arzamendia, Vanesa
Attademo, Andres Maximiliano
Banús, Ezequiel D.
Barrilis, Natalia
Beccaria, Alejandro J.
Beldoménico, Horacio R.
Bellini, Gisela
Berros, María Valeria
Bertero, Melisa
Bracalenti, María Agustina
Brandí, Rodolfo
Bravo, María Virginia
Brogioni, Marco
Brusa, Lucila
Bussato, Carlos A.
Cabello, Julieta V.
Cacik, Pablo
Cafaro, Diego C.
Capello, Romina
Chemes, Silvina
Contini, Guillermo
Cornaglia, Laura
Cossy, Edgar
Cristiani, Mariana
D'Elia, Mónica
Dalla Costa, Bruno O.
Dalmazzo, Milagros
Demonte, Luisina D.
Devard, Alejandra
Estenoz, Diana A.
Fabiano, Silvia N.
Faroldi, Betina
Fernandez, María Pía
Fiorenza Biancucci, Gabriela
Flores, Marina
Gagneten, Ana María
Galoppo, Germán H.
Ghiberto, Pablo
Giraudó Alejandro Raúl
Gomez, Ayelén L.
Graciani, Silvio
Guerrero, Sergio A.
Gugliotta, Luis M.
Gutiérrez, Laura B.
Hämmerly, Rosana
Henning, Gabriela
Hernández, Silvia R.
Húmpola, Pablo D.
Iglesias, Alberto A.
Imhof, Alba
Imhoff, Silvia
Ingaramo, Paola Inés
Kass, Laura
Kergaravat, Silvina V.
Kröhling, Daniela M.
Labas, Marisol
Lajmanovich, Rafael C.
Larriera, Alejandro
Latorre Rapela, María Gabriela
Lazzarino, Gisela Paola
Leva, Perla E.
López, Javier Alejandro
López, Emiliano
Lorenzón, Rodrigo Ezequiel
Lovino, Miguel A.
Luque, Enrique Hugo
Maggioni, Darío A.
Manuale, Débora

Marchese, Mercedes
Marchesini, Albana
Márquez, Vanina
Martín, Carlos
Michlig, Melina P
Michlig, Nicolás
Mihura, Enrique R.
Milt, Viviana G.
Minari, Roque J.
Miró, Eduardo E.
Modini, Laura
Moreno, Betzabet
Müller, Gabriela V.
Müller, Omar V.
Múnera, John
Muñoz de Toro, Mónica
Odetti, Héctor S.
Olmos, Graciela
Paoli, Carlos G.
Paredes, Ma. Victoria
Paris, Marta
Passalía, Claudio
Pedraza, Raúl A.
Peltzer, Paola M.
Pensiero, José Francisco
Pereira, Soledad
Pérez, Marcela
Plano, María Fernanda
Polla, Wanda
Prodoliet, Jorge
Querini, Carlos A.
Ramonell, Carlos G.
Ramos, Jorge Guillermo
Recce, Carlos
Regaldo, Luciana
Repetti, María R.
Rodríguez, Horacio

Rodríguez, Leticia
Rossetti, María Florencia
Rossi, Liliana
Rueda, Eva C.
Salto, César
Scarabotti, Pablo
Schimdt, Erica
Schlotthauer, Jonatan
Scioli, Carlos C.
Sedran, Ulises
Serra, Pablo
Sgroi, Leandro C.
Sigrist, Mirna
Simoniello, María Fernanda
Stoker, Cora
Strasser, Ruth
Studdert, Claudia
Taleb, Claudia
Tarditi, Ana
Tavaliere, Yamil E.
Teitelman, Sebastián
Thalmeier, Belén
Toffoli, Guillermo D.
Torresi, Pablo
Traba, Luis
Vaccari, María Celia
Veizaga, Emiliano A.
Venencio, María del Valle
Venturini, Virginia
Vera, Mariana
Vionnet, Carlos
Walker, Elisabet
Yori, Juan Carlos
Zalazar, Cristina
Zerbatto, Mariel G.
Zucarelli, Viviana

Este libro fue posible gracias al aporte del Programa de Fortalecimiento 2018 de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación.

Índice

Prólogo

Enrique Mammarella / **12**

Introducción / 12

Referencias bibliográficas de la introducción / **14**

CAPÍTULO 1. Energías renovables–biorrefinerías / 15

Introducción / **15**

Herramientas biológicas y moleculares para estrategias de biorrefinerías / **18**

Investigación y desarrollo de procesos de producción de biodiésel

y aprovechamiento de subproductos del proceso / **28**

Generación de productos sustitutos de hidrocarburos

a partir de biomasa lignocelulósica residual / **32**

Hidrógeno como vector de energía. Producción

a partir de materias primas renovables de la región / **35**

Referencias bibliográficas del capítulo 1 / **38**

CAPÍTULO 2. Procesos y productos sustentables / 42

Introducción / **42**

Híbridos látex–proteínas / **45**

Síntesis e inmovilización de nanopartículas metálicas en hidrogel/aerogel

de celulosa para aplicaciones catalíticas y biocidas / **50**

Empleo de biomateriales fibrosos de la región para el desarrollo de estructuras

catalíticas aplicables al tratamiento de efluentes gaseosos industriales / **53**

Síntesis de nuevos materiales iónicos sobre la base estructural de líquidos

ionios. Correlación entre la estructura de estos materiales, sus propiedades

fisicoquímicas y las tareas específicas para los que fueron diseñados / **57**

Desarrollo de materiales poliméricos y tecnologías sustentables basados

en el uso de fuentes renovables regionales / **61**

Referencias bibliográficas del capítulo 2 / **66**

CAPÍTULO 3. Gestión del riesgo / 70

Introducción / **70**

Riesgo químico / **70**

Riesgo hídrico / **93**

Referencias bibliográficas del capítulo 3 / **119**

CAPÍTULO 4. El agua como recurso. Disponibilidad y monitoreo / 128

Introducción / **128**

Variabilidad y cambio climático en la provincia de Santa Fe:

observaciones y proyecciones futuras / **132**

Identificación de eventos extremos y su incidencia en subsistemas acoplados zona no saturada–acuifero libre mediante la construcción de índices estandarizados / **135**

Efectos de la expansión de cultivos sobre la regulación hídrica y climática en Argentina / **138**

Desarrollo metodológico para el modelado y monitoreo de la evapotranspiración utilizando diferentes fuentes de datos / **141**

Desarrollo de un algoritmo para determinar el contenido de humedad del suelo desde imágenes SAR / **144**

Un datalogger energéticamente eficiente basado en código y hardware abiertos, su uso en una WSN para detectar parámetros ambientales / **148**

La cuenca interprovincial de los Bajos Submeridionales y su funcionamiento hidroambiental, base para la gestión sustentable / **150**

El agua subterránea como condicionante para el desarrollo sostenible de áreas rurales en el centro de la provincia de Santa Fe / **155**

El agua subterránea como condicionante para el desarrollo sostenible de áreas urbanas de la provincia de Santa Fe / **157**

Procesos naturales de transformación de la calidad de agua freática en humedales ribereños / **160**

Balance hídrico superficial como herramienta de gestión / **163**

Referencias bibliográficas del capítulo 4 / **169**

CAPÍTULO 5. Efectos del ambiente sobre la salud humana y animal / 175

Introducción / **175**

Contaminantes ambientales en la provincia de Santa Fe y salud humana / **178**

Efecto del glifosato y sus formulados comerciales sobre el desarrollo de órganos reproductores y la fertilidad / **183**

Impactos de la agroindustria sobre la salud ambiental de los anfibios del centro este de Argentina en el contexto del desarrollo sustentable / **186**

Estrógenos ambientales y desarrollo y diferenciación mamaria / **190**

Contaminantes Ambientales Hormonalmente Activos. Efectos en el Sistema Reprodutor del Yacaré Overo (*Caiman latirostris*) / **193**

Efectos del ambiente sobre la salud humana y animal / **198**

Efectos del ambiente físico sobre la producción animal / **201**

Derecho Ambiental en la provincia de Santa Fe / **205**

Referencias bibliográficas del capítulo 5 / **211**

CAPÍTULO 6. Biodiversidad y desarrollo sustentable / 222

- Biodiversidad: concepto, funciones, importancia y amenazas / **222**
- Diversidad de insectos de ambientes ruderales / **229**
- Diversidad de fitoplancton / **232**
- Diversidad de zooplancton y su valor como bioindicador / **236**
- Diversidad de peces e interacciones / **241**
- Diversidad de anfibios / **247**
- Diversidad de reptiles, aves y mamíferos / **254**
- Gestión de áreas naturales en el centro norte de la provincia de Santa Fe / **259**
- Diversidad genética de especies faunísticas / **261**
- Recomendaciones / **264**
- Referencias bibliográficas del capítulo 6 / **266**
- Autoras y autores de este capítulo / **278**

CAPÍTULO 7. Ciclo de vida de productos: tecnología para la gestión y el reciclado de diversos residuos / 279

- Introducción / **279**
- Valorización de residuos agroindustriales para la obtención de productos sustentables / **281**
- Tratamiento de residuos pecuarios y residuos sólidos urbanos en el centro norte de la provincia de Santa Fe / **290**
- Gestión integral de envases de agroquímicos / **296**
- Tratamiento de efluentes líquidos en áreas urbanas.
- Uso de microorganismos de interés biotecnológico / **302**
- Referencias bibliográficas del capítulo 7 / **311**

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos se utilizan en la producción de fármacos, detergentes sintéticos, fragancias, pesticidas, papel, colorantes, etc. y de esta manera pueden llegar sus residuos al ambiente. Su detección se pudo realizar mediante un método de inhibición enzimático de PRP acoplado a calibración multivariada donde cinco compuestos se determinaron simultáneamente en aguas residuales de curtiembres y relleno sanitario (Hernández *et al.*, 2013).

Conclusiones y recomendaciones

La carencia de monitoreos y relevamientos de los diferentes contaminantes emergentes contribuye al desconocimiento de la situación actual de nuestros ambientes. Además, para muchos de estos compuestos, entre ellos las quinolonas, faltan regulaciones concisas relacionadas al riesgo ecológico tanto en nuestra región como a nivel global. En la actualidad, numerosos métodos de screening han sido desarrollados y aplicados en matrices ambientales demostrando la existencia de herramientas analíticas útiles para su implementación en planes de relevamiento y monitoreo de diferentes contaminantes en nuestra región con alto impacto agrícola-ganadero.

Control de la contaminación química y biológica del aire en ambientes confinados

*Marina Flores,*⁷ *Claudio Passalía,*⁸ *Mariana Cristiani,*⁹
*Marisol Labas*¹⁰ y *Rodolfo Brandi*¹⁰

La contaminación del aire representa un importante riesgo para la salud humana, en particular por la mala calidad de aire en ambientes interiores. Esto incluye no solo la presencia de compuestos tóxicos, sino también de partículas y microorganismos aerotransportados, bioaerosoles. Este tipo de contaminación representa un gran riesgo para la salud pública debido principalmente a la confluencia de dos factores: i) los elevados tiempos de exposición, y ii) la dificultad en la detección temprana de los problemas relacionados a

7 Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), (CONICET-UNL).

8 Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL.

9 Becaria CONICET-UNL.

10 Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL. Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), (CONICET-UNL).

la mala calidad de aire en ambientes confinados (Organización Mundial de la Salud, 2016). La estabilidad ambiental de los espacios confinados, permite asimismo a los bioaerosoles seguir siendo viables durante un tiempo prolongado, lo que se torna un riesgo creciente principalmente en ambientes hospitalarios. Los riesgos relacionados a los bioaerosoles pueden ir desde reacciones alérgicas hasta enfermedades infecciosas (por ejemplo, legionelosis, tuberculosis y ántrax).

En Argentina, las infecciones respiratorias agudas (IRAS) causadas por la contaminación atmosférica, constituyen una importante causa de morbimortalidad, fundamentalmente entre los niños menores de cinco años y las personas de mayores de 65 años (Ministerio de Salud de la Nación, 2017). En la provincia de Santa Fe, las enfermedades del sistema respiratorio que incluyen enfermedades agudas y crónicas del sistema respiratorio, se encuentran entre las cinco primeras causas de muerte.

La situación descrita pone en evidencia la necesidad de dirigir esfuerzos tendientes al conocimiento de la naturaleza del fenómeno, así como al continuo desarrollo de tecnologías para su control y disminución. En la búsqueda de superar o mitigar algunos de estos problemas es que se han ido desarrollando tecnologías de descontaminación y desinfección con el objetivo de minimizar o inactivar, dependiendo de su origen, los contaminantes atmosféricos. Entre estas tecnologías, los Procesos Avanzados de Oxidación (PAO's) aparecen como una alternativa de particular interés, dado que tienen el potencial de la completa mineralización de un gran rango y tipo de compuestos contaminantes químicos, generando sustancias inocuas o logrando la inactivación de los contaminantes biológicos aerotransportados. Dentro de las tecnologías amigables con el ambiente se encuentran las que inactivan microorganismos, donde el proceso más utilizado, sumamente efectivo, es la radiación UV germicida (UVGI) y la fotocatalisis heterogénea u oxidación fotocatalítica (PCO), que no solo inactiva microorganismos sino también destruye contaminantes químicos presentes en el ambiente. La PCO se basa en la presencia de un catalizador, principalmente dióxido de titanio que absorbe radiación UV por debajo de 385 nm, generando especies oxidantes sumamente reactivas.

En este marco, una línea de trabajo dentro del Grupo de Tecnologías Ambientales y Fotorreactores es el estudio y desarrollo de procesos eficientes para la inactivación de microorganismos y descontaminación atmosférica a fin de que puedan ser utilizados en futuras aplicaciones en combinación con sistemas de ventilación y/o purificación de aire en ambientes interiores. Entre los resultados más importantes de esta línea podemos mencionar la optimización de reactores para la remoción de compuestos orgánicos volátiles típicos de interiores (formaldehído, diclorometano) (Passalia *et al.*, 2011), y el diseño

de un reactor para desinfección de aire en ductos, probado satisfactoriamente con *Escherichiacoli* y *Pseudomonas aeruginosa* (Martínez Retamar *et al.*, 2018).

Conclusiones y recomendaciones

La línea de trabajo comprende el desarrollo integral de dispositivos de oxidación novedosos y amigables al ambiente y el diseño, modelado y construcción de dispositivos de descontaminación aérea utilizando la fotocatalisis heterogénea solar. El modelado computacional y las simulaciones de estos dispositivos constituyen un pilar en esta línea de trabajo. Actualmente estos dispositivos se encuentran en escala laboratorio para su posterior pase a escala real.

Este resumen de situación tiene como objetivo informar a los tomadores de decisiones para diseñar, reorientar o fortalecer estrategias que permitan mejorar la salud respiratoria de la población ya que muchas de estas amenazas se pueden evitar. Además de las tecnologías para minimizar los riesgos para la salud en ambientes interiores, son necesarios programas de prevención, promoción y saneamiento integral, que incluyan inspecciones periódicas a estructuras, sistemas de aireación y ambientes exteriores, monitoreo y análisis microbiológico del aire interior que permitan identificar géneros frecuentes y validar instrumentos de medición/análisis.

Elaboración de un índice de sostenibilidad (indicadores ecológicos, económicos y sociales) de sistemas acuáticos de la provincia de Santa Fe

Ana María Gagnetten¹¹ y Mercedes Marchese¹²

Los ambientes fluviales de la provincia de Santa Fe reciben diferentes descargas puntuales y difusas provenientes de actividades industriales, agrícola-ganaderas y domésticas. A pesar del tamaño de esos ambientes, pueden evidenciar la presencia de diferentes sustancias y manifestaciones en las comunidades biológicas como consecuencia de la actividad humana.

Los del sistema del río Paraná enriquecidos orgánicamente fueron aquellos directamente afectados con descargas industriales y/o cloacales (Marchese y Ezcurra de Drago, 2006; Zilli y Gagnetten, 2005; Marchese *et al.*, 2008). Asimismo, se registró enriquecimiento con materia orgánica en los humeda-

11 Facultad de Humanidades y Ciencias, UNL.

12 Facultad de Humanidades y Ciencias, UNL. INALI (CONICET-UNL).

Control de la contaminación química y biológica del aire en ambientes confinados

- Martinez Retamar, M.; Passalia, C. (...) & Labas, M. (2018). Dose estimation methodology for the UV inactivation of bioaerosols in a Continuous-Flow reactor. *Aerosol Science and Technology*, (53), 8–20.
- Organización Mundial de la Salud (2016). Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Ginebra, Suiza. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?seque>
- Passalia, C.; Alfano, O. (...) Brandi, R. (2011). Modeling and experimental verification of a corrugated plate photocatalytic reactor using CFD. *Industrial & Engineering Chemical Research*, (50), 9077–9086.
- Ministerio de Salud de la Nación (2016). Mortalidad por Enfermedades Respiratorias en Argentina. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias «Emilio Coni». Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud (ANLIS), Dirección Nacional de Estadísticas e Información de Salud, Buenos Aires, República Argentina. <http://www.anlis.gov.ar/iner/wp-content/uploads/2016/04/Boletin-Mortalidad-por-enfermedades-Respiratorias-en-Argentina-2015.pdf>

Elaboración de un índice de sostenibilidad (indicadores ecológicos, económicos y sociales) de sistemas acuáticos de la provincia de Santa Fe

- Andreotti, C. y Gagneten, A. M. (2006). Efectos ecotoxicológicos del sedimento del río Salado inferior (Argentina) en la sobrevivencia y reproducción de Moinamicrura (Crustacea, Cladocera). *Revista de Toxicología*, 23, 146–150.
- Ezcurra de Drago, I.; Marchese, M. & Montalto, L. (2007). Benthic invertebrates. En Iriondo, M.; Paggi J. C. y Parma, M. J. (Eds). *The Middle Paraná River: Limnology of Subtropical Wetland*. Springer Verlag, Heidelberg: 251–27.
- Gagneten, A. M.; Gervasio, S. & Paggi, J. C. (2007). Heavy metal pollution and eutrophication in the Lower Salado River Basin (Argentina). *Water, Air and Soil Pollution*, 178, 335–349.
- Gagneten, A. M. & Paggi, J. C. (2009). Effects of heavy metal contamination (Cr, Cu, Pb, Cd) and eutrophication on zooplankton in the lower basin of the Salado River (Argentina). *Water, Air and Soil Pollution*, 198, 317–334.
- Gagneten A. M. y Marchese M. (Comps.). Protocolos para biomonitoreos de ambientes acuáticos de la provincia de Santa Fe. Universidad Nacional del Litoral (en prensa).
- Marchese, M.; Rodriguez, A. R. (...) y Carignano, M. C. (2008). Benthic invertebrate structure in wetlands of a tributary of the Middle Paraná River affected by hydrologic and anthropogenic disturbances. *Journal Environment Biology*, 29(3), 343–348.
- Marchese, M.; Gagneten, A. M. (...) Poi, A. S. G. (2019). Aplicación de indicadores biológicos en el Nordeste Argentino. En *Indicadores biológicos, calidad biológica de agua, aplicaciones y perspectivas de uso*. Domínguez, A.; Giorgi, A. y Gomez, N. (Eds.) (...) (2015). Nutrient dynamics in wetlands of the Middle Paraná River subjected to rotational cattle management. *Wetlands*, 35, 1117–1125.