

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

Versión preliminar

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

Secretaria de Ciencia,
Arte y Tecnología

Ana María Canal



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 Sadrán

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 Agostina
Brandi, 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
Girauda 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

Rodriguez, 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

Índice

Prólogo

Enrique Mammarella / 9

Introducción / 11

Referencias bibliográficas de la introducción / **13**

CAPÍTULO 1. Energías renovables–biorrefinerías / 14

Introducción / **14**

Herramientas biológicas y moleculares para estrategias de biorrefinerías / **17**

Investigación y desarrollo de procesos de producción de biodiesel

y aprovechamiento de subproductos del proceso / **27**

Generación de productos sustitutos de hidrocarburos

a partir de biomasa lignocelulósica residual / **31**

Hidrógeno como vector de energía. Producción

a partir de materias primas renovables de la región / **34**

Referencias bibliográficas del capítulo 1 / **37**

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–acuífero 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 / 176

Introducción / **176**

Contaminantes ambientales en la provincia de Santa Fe y salud humana / **179**

Efecto del glifosato y sus formulados comerciales sobre el desarrollo de órganos reproductores y la fertilidad / **184**

Impactos de la agroindustria sobre la salud ambiental de los anfibios del centro este de Argentina en el contexto del desarrollo sustentable / **187**

Estrógenos ambientales y desarrollo y diferenciación mamaria / **191**

Contaminantes Ambientales Hormonalmente Activos. Efectos en el Sistema Reprodutor del Yacaré Overo (*Caiman latirostris*) / **194**

Efectos del ambiente sobre la salud humana y animal / **199**

Efectos del ambiente físico sobre la producción animal / **202**

Derecho Ambiental en la provincia de Santa Fe / **206**

Referencias bibliográficas del capítulo 5 / **212**

CAPÍTULO 6. Biodiversidad y desarrollo sustentable / 224

- Biodiversidad: concepto, funciones, importancia y amenazas / **224**
- Diversidad de insectos de ambientes ruderales / **231**
- Diversidad de fitoplancton / **234**
- Diversidad de zooplancton y su valor como bioindicador / **238**
- Diversidad de peces e interacciones / **243**
- Diversidad de anfibios / **249**
- Diversidad de reptiles, aves y mamíferos / **256**
- Gestión de áreas naturales en el centro norte de la provincia de Santa Fe / **261**
- Diversidad genética de especies faunísticas / **263**
- Recomendaciones / **266**
- Referencias bibliográficas del capítulo 6 / **268**
- Autoras y autores de este capítulo / **280**

CAPÍTULO 7. Ciclo de vida de productos: tecnología para la gestión y el reciclado de diversos residuos / 281

- Introducción / **281**
- Valorización de residuos agroindustriales para la obtención de productos sustentables / **283**
- Tratamiento de residuos pecuarios y residuos sólidos urbanos en el centro norte de la provincia de Santa Fe / **292**
- Gestión integral de envases de agroquímicos / **298**
- Tratamiento de efluentes líquidos en áreas urbanas.
- Uso de microorganismos de interés biotecnológico / **304**
- Referencias bibliográficas del capítulo 7 / **313**

Una forma para estudiar «la salud» de los ecosistemas es a través de indicadores, cuya aplicación se ha difundido en los últimos años. Los indicadores constituyen «una medida cuantitativa o cualitativa usada para demostrar cambios y simplificar información de la realidad, que puede servir para entender y valorar fenómenos complejos», aplicados al medio ambiente. Además de indicadores, el empleo de índices integradores puede ser una herramienta de apoyo para el diagnóstico ambiental de sistemas acuáticos, tema en el cual se investiga en las unidades académicas de la institución.

¿Compartimos la vida con los plaguicidas?

María R. Repetti,² Nicolás Michlig,² Luisina D. Demonte,²

Melina P. Michlig² y Horacio R. Beldoménico²

Los plaguicidas presentan toxicidad no solo para la plaga que combaten sino también, en distintos grados, impactan con efectos negativos a la naturaleza y al hombre. Esta controversia suscita tensiones entre la producción y la sociedad, conduciendo a la necesidad de adoptar prácticas productivas más sustentables, menos agresivas con el ambiente y la salud de las poblaciones. También moviliza la implementación de legislaciones y acciones para mantener los riesgos bajo control. La preocupación que este escenario ha motivado en la ciencia de nuestro país y nuestra región, se manifiesta en los múltiples estudios, recomendaciones y acciones encaminadas a brindar mejoras y soluciones a todo nivel. Aquí seleccionamos algunos casos de estudio desarrollados en nuestro centro, que ejemplifican sobre la ocurrencia de residuos de plaguicidas en ambientes y alimentos producidos en la provincia de Santa Fe.

Residuos de plaguicidas en alimentos y ambientes

Glifosato en aguas de tambo: Se desarrolló un método analítico para la determinación de glifosato, AMPA y glufosinato, que introdujo mejoras respecto a los métodos existentes. El nuevo método está basado en derivatización (FMOC-cl) y en cromatografía líquida de ultra alta presión, acoplado a espectrometría de masa/masa (UHPLC-MS/MS). Se estudiaron aguas de pozo de 40 tambos de los Departamentos Castellanos y Las Colonias de la provincia de Santa Fe. Se detectó glifosato y AMPA en 15 % y 53 % del total de muestras extraídas

² Facultad de Ingeniería Química, UNL.

de los grifos, con concentraciones que variaron entre 0,6–11,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ y 0,2–6,5 $\mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Otras muestras de los reservorios abiertos que estuvieron expuestas al ambiente exterior del establecimiento agrícola, mostraron niveles de glifosato y AMPA en 33 % y 61 % de los casos analizados, con valores entre 0,6–21,2 $\mu\text{g L}^{-1}$ y 0,2–4,2 $\mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Estos hallazgos son indicativos del impacto de la práctica agrícola con el estado y conservación del recurso acuífero subterráneo (Demonte *et al.*, 2018). Este estudio y otros de nuestro centro aportan más evidencias sobre el estatus de verdadera ubicuidad alcanzado por el glifosato en regiones productivas del país.

Neonicotinoides en productos de apicultura: Evaluaciones realizadas con plantas de girasol por nuestro centro y otros estudios han demostrado que los insecticidas neonicotinoides se translocan al néctar y al polen de las plantas desde semillas tratadas, lo que representa un riesgo potencial para los polinizadores. Esto ha originado severas restricciones a su uso en varios países, aunque no en Argentina, que los tiene autorizados para numerosos cultivos. Para evaluar efectos en la colmena se realizó un estudio de exposición controlada de este plaguicida a campo abierto. Para ello se instaló un apiario conformado por 30 colmenas de *Apis mellifera* L. en la localidad de Rafaela (Santa Fe). Los análisis de los distintos tipos de muestras (abejas, larvas, miel, cera de abejas) se efectuaron por UHPLC-MS/MS. Los niveles encontrados en abejas variaron en los rangos <0,5-1,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ y 1,4-28,9 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para los tratamientos de exposición más baja y más alta, respectivamente. Las larvas no mostraron presencia significativa del contaminante revelando no haber sido expuestas. Muy llamativamente también, la miel almacenó aproximadamente el 60 % del imidacloprid cargado a través de la alimentación con jarabe (Michlig *et al.*, 2018).

Estudio de amplio espectro de plaguicidas en alimentos: Se efectuaron rastreos de amplio espectro sobre residuos y contaminantes en alimentos de gran interés. Un conjunto superior a 400 compuestos, mayoritariamente plaguicidas con la inclusión de 54 micotoxinas y 11 alcaloides de pirrolizidina, fueron determinados según las matrices, mediante sistemas de cromatografía-espectrometría de masa de alta resolución (HPLC-Q-Orbitrap), UHPLC-MS/MS y GC-MS/MS. Se estudiaron muestras comerciales de alimentos infantiles de base cereal, comercializados en Argentina, principalmente conteniendo avena, arroz, trigo, maíz. Los hallazgos mostraron la presencia simultánea de 1 a 6 residuos de plaguicidas en todas las muestras analizadas, en concentraciones que variaron en el rango LOQ - 80 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Los plaguicidas más frecuentemente detectados fueron clorpirifós y pirimifós metilo, insecticidas muy utilizados en el país (Repetti *et al.*, 2019).

También se estudiaron residuos en alimentos de la dieta del ganado lechero, que son determinantes para la calidad de la leche. Previamente nuestros estudios habían evidenciado la presencia de aflatoxina M1 en el 40 % de 160 muestras de leche cruda y residuos de plaguicidas (diazinón, clorpirifos, λ -cialotrina y otros). En los numerosos y variados alimentos que constituyen las dietas concentradas utilizadas en la cuenca lechera santafesina (pasturas, maíz, trigo, soja, ensilajes, expellers, semillas de algodón, gluten, burlanda, balanceados comerciales y otros), se detectaron plaguicidas en el 72 % de las 54 muestras analizadas siendo el 62 % de los mismos insecticidas, el 20% herbicidas y el 18% fungicidas. De esas familias, de mayor ocurrencia fueron clorpirifós (98 %, 11-167 $\mu\text{g kg}^{-1}$), metolacoloro (60 %, 5-15 $\mu\text{g kg}^{-1}$) y difenilamina (33 %, 20-63 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Se verificó la existencia simultánea de múltiples plaguicidas. Estudios de amplio alcance no se informaron previamente en alimentos concentrados de Argentina (Michlig *et al.*, 2017).

Conclusiones y recomendaciones

Estos estudios y otros efectuados por el grupo de investigación y otros colaboradores, evidencian que los alimentos que consumimos en nuestro país están expuestos a la presencia de plaguicidas, en variables niveles de concentración, en muchos casos con presencias múltiples, y en otros como el glifosato con características ubicuas. Esto constituye un problema de inocuidad de los alimentos que amerita un tratamiento prioritario, con mayor énfasis y compromiso por parte de los organismos que velan por la salud pública, la producción, los entes administrativos y legislativos a todo nivel. La meta deseable de asegurar a la población alimentos libres de residuos y contaminantes debe ser propuesta, desarrollada y alcanzada por los organismos responsables del Estado, los actores sociales y una población más consciente, recurriendo a todas las estrategias disponibles en la actualidad, que proponen formas eficientes de control y prevención de los efectos de los sistemas productivos actuales, haciéndolos más sustentables, como así también enfatizando la promoción de sistemas productivos alternativos que eviten o minimicen el uso de plaguicidas.