

Desarrollo sostenible

en el centro norte
de la provincia de Santa Fe

2. Sistemas productivos



Ana María Canal
directora

Silvina R. Drago · Miguel Pilatti
editores del volumen

ediciones **UNL**



Desarrollo sostenible

en el centro norte
de la provincia de Santa Fe

2. Sistemas productivos

Versión preliminar

Ana María Canal
directora

Silvina R. Drago
Miguel Pilatti
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

Sistemas productivos /

Silvina R. Drago ... [et al.]; coordinación
general de Verónica Reus ... [et al.];

dirigido por Ana María Canal; editado
por Silvina R. Drago; Miguel A. Pilatti;

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 2 978-987-749-285-9

1. Desarrollo Humano. 2. Producción.

3. Políticas Públicas. I. Drago, Silvina R., ed.

II. Reus, Verónica, coord.

III. Canal, Ana María, dir.

IV. Pilatti, Miguel A., ed.

V. Mammarella, Enrique J., prolog.

CDD 338.02

© 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

Achkar, Victoria G.
Aiello, Fernando
Althaus, Rafael
Álvarez, Norma Hortensia
Amweg, Ayelén
Angeli, Emanuel
Alesso, Carlos Agustín
Araujo Vieira de Souza, Jonicelia
Attallah, Carolina
Baravalle, Eduardo
Basán, Natalia P.
Baudracco, Javier
Bellezze, Julio
Bender, Adrián
Bergamini, Carina
Bernal, Claudio A.
Bertolaccini, Isabel
Bértoli, José
Binetti, Ana
Bonvin, Carolina
Bonzi, Enrique
Bouzo, Carlos
Brasca, Romina
Brondino, Carlos D.
Bürgi, María de los Milagros
Burns, Patricia
Buyatti, Marcela Alejandra
Cabeza, Matías S.
Cámara, María S.
Canal, Ana María
Canavelli, Sonia Beatriz
Carrara, Carlos R.
Carrizo, María Eugenia
Castignani, María Isabel
Castro, Damián
Ceaglio, Natalia
Ceccoli, Gabriel
Cerino, Carolina
Chelotti, José
Cian, Raúl E.
Culzoni, María J.
Curis, María Cecilia
Dallard, Bibiana
Daurelio, Lucas
De la Torre, María A.
De Orellana, Jorge
Del Valle, Eleodoro
Demaría, Mónica
Derita, Marcos
Díaz, Pablo
Dimundo, Carlos
Drago, Silvina R.
Enderle, Ana G.
Etcheverrigaray, Marina
Exner, Eliana
Fabiano, Silvia N.
Favaro, Juan Carlos
Favaro, María Alejandra

Felli, Osvaldo
Fernandez, Laura
Fontana, Diego
Formentini, Enrique A.
Fornasero, Laura Viviana
Fusari, Marcia Lucía
Gabriel, Paola
García Arancibia, Rodrigo
García-Effron, Guillermo
Gareis, Natalia
Gariglio, Norberto Francisco
Gastaldi, Roque
Gatti, Emanuel
Ghiberto, Pablo
Giavedoni, Julio
Giovanini, Leonardo
González, Marcela A.
Grabois, Marcelo
Gregoretti, Guillermina
Guastavino, Javier
Gugliotta, Agustina
Hein, Gustavo
Hernández, Silvia R.
Húmpola, María V.
Hynes, Erica
Imhoff, Silvia
Imvinkelried, Horacio
Kergaravat, Silvina V.
Kratje, Ricardo

Lazzarini, María Belén
Luna, Mónica
Lutz, Alejandra
Mammarella, Enrique J.
Manso, Ricardo M.
Marano, Roberto
Marelli, Belkis
Marinoni, Lorena
Matiller, Valentina
Maumary, Roxana
Mendez, Carlos A.
Mendez Gallarraga, Paula
Merke, Julieta
Meza, Bárbara E.
Micheloud, Norma
Montemurro, Milagros
Müller, Diana
Müller, Miguel A.
Muñoz, Fernando
Murguía, Marcelo C.
Nagel, Orlando
Nescier, Isabel
Oggero, Marcos
Orcellet, Viviana
Ortega, Hugo
Osan, Oscar
Osella, Carlos A.
Panigo, Elisa
Paola, Gabriel

Parra, Sergio	Sánchez Rossi, María Rosa
Pensiero, José Franciso	Savino, Graciela
Peralta, Juan Manuel	Scotta, Roberto
Pereyra, Elizabeth	Sequeira, Gabriel Jorge
Perotti, María Cristina	Serrano, Romina
Perreta, Mariel	Shiufe, Guillermo A.
Piagentini, Andrea	Siano, Álvaro S.
Picco, Eduardo J.	Sirini, Noelí Estefanía
Pilatti, Miguel Ángel	Soto, Lorena Paola
Pirovani, María	Soutullo, Adriana
Quiberoni, Andrea	Spotti, María Julia
Quiroga, Oscar	Stegmayer, María Inés
Ramos, Elisabet	Streb, Carsten
Recce, Sebastián	Suárez, Viviana
Regodesebes, Alejandro	Thomas, June
Reinheimer, Jorge	Tomas, Pablo
Rey, Florencia	Uberti, Nora
Richard, Geraldina	Van de Velde, Franco
Rivas, María G.	Vanrelly, Sebastián
Rodríguez, Fernanda	Veaute, Carolina
Roldán, Viviana	Vélez, María Ayelén
Rosetti, Germán	Vénica, Claudia
Rosmini, Marcelo Raúl	Vera Candiotti, Luciana
Rossini, Gustavo	Vinderola, Gabriel
Ruffiner, Hugo	Zabala, Juan Marcelo
Ruiz, Verónica	Zimmerman, Jorge Alberto
Salvetti, Natalia	Zorrilla, Susana E.

Índice

Prólogo

Enrique Mammarella / 9

CAPÍTULO 1. Alimentos / 11

Introducción / **11**

Estudio de procesos en la industria de alimentos / **12**

Desarrollo de alimentos, ingredientes y compuestos bioactivos / **19**

Gestión de la calidad alimentaria / **50**

Referencias bibliográficas del capítulo 1 / **58**

CAPÍTULO 2. Tecnologías para la obtención de moléculas con valor agregado / 77

Introducción / **77**

Desarrollo de bioterapéuticos / **78**

Desarrollos biotecnológicos / **98**

Métodos analíticos para la caracterización y cuantificación de biomoléculas / **109**

Referencias bibliográficas del capítulo 2 / **112**

CAPÍTULO 3. Salud animal y sostenibilidad de los sistemas productivos / 120

Introducción / **120**

Calidad de alimentos en la salud animal / **120**

Enfermedades relacionadas con la intensificación de la producción / **128**

Enfermedades infecciosas en el ganado bovino / **138**

Uso racional de medicamentos veterinarios / **143**

Referencias bibliográficas del capítulo 3 / **149**

CAPÍTULO 4. Agronegocios, demanda mundial de lácteos y cadena de valor ganadería de carne / 156

Introducción / **156**

Contribuciones para el desarrollo de los agronegocios del centro norte de la provincia de Santa Fe / **157**

Demanda mundial y competitividad del sector lácteo / **164**

Cadena de valor ganadería bovina: Relación entre los precios del ganado vacuno y los cortes de exportación / **168**
Referencias bibliográficas del capítulo 4 / **172**

CAPÍTULO 5. Sistemas agropecuarios sostenibles / 177

Introducción / **177**
Clima, suelos y diversidad de zonas en la región / **179**
Producción vegetal / **190**
Producción animal / **234**
Producción de fermento láctico autóctono liofilizado para mejorar la calidad de ensilados de maíz / **247**
Agroecología / **271**
Referencias bibliográficas del capítulo 5 / **277**

CAPÍTULO 6. Sistemas de información para la gestión de organizaciones productivas / 306

Introducción / **306**
Desarrollo y aplicación de la inteligencia estratégica en *clusters* de empresas / **307**
Generación de modelos de gestión de la innovación tecnológica a partir de metodologías de investigación cualitativas aplicadas a pymes y *spin-offs* / **309**
Herramientas avanzadas de simulación para mejorar la toma de decisiones en sistemas productivos complejos / **313**
Estudio de metodologías para mejorar la gestión del proceso de desarrollo de productos en empresas alimentarias / **316**
Referencias bibliográficas del capítulo 6 / **321**

Prólogo

*Enrique Mammarella*¹

El siglo XXI es, desde su inicio, el siglo del conocimiento, caracterizado por la rápida evolución de todas las disciplinas frente a la necesidad de enfrentar y resolver problemas nuevos que no siempre pudieron ser previstos en el curso de su formación inicial. En este contexto, posiblemente el desafío que más englobe a las universidades públicas en este siglo sea el de contribuir significativamente a la construcción de una sociedad más igualitaria, basada en el conocimiento, que afronte con eficacia y equidad los problemas de la región, profundizando el perfil de sus actividades de investigación a la solución de problemas sociales y del medio productivo, entendiendo que la coproducción de conocimientos con actores sociales o productivos, los vínculos con actores estratégicos de la región y el mundo en materia de I+D+i y extensión, son centrales al momento de planificar el desarrollo en ciencia y tecnología.

Esta ha sido una preocupación permanente de la Universidad Nacional del Litoral, hija del movimiento reformista que en 1918 proclamó al país y a toda América Latina sus ideas de comunidad universitaria libre y abierta, políticamente autónoma y aseguradora del carácter estatal de la enseñanza universitaria. Forjada con una marcada vocación regional, hoy, la Universidad Nacional del Litoral, con su asiento principal en la ciudad de Santa Fe y su desarrollo prioritario en el sitio territorial centro norte de la provincia de Santa Fe en su doble rol de sujeto–parte de la sociedad y sujeto–transformador de la misma, proyecta su accionar a toda la provincia, las provincias vecinas y la nación, y mantiene como premisa extenderse al medio, hablarle a la comunidad, vincularse y comprometerse con la región, innovando en materia de educación e investigación.

Para cumplir con este cometido, la Universidad Nacional del Litoral promueve la investigación científica ética y responsable, la innovación y el desarrollo tecnológico, y la construcción de redes de conocimiento interinstitucionales, con enfoques trans e interdisciplinarios, garantizando la calidad y el rigor teórico–metodológico para generar nuevo conocimiento, recuperar, revalorizar y proteger los conocimientos y saberes tradicionales y ancestrales, en un marco del respeto a la diversidad, la equidad epistémica y el diálogo de saberes, democratizando el acceso, uso y aprovechamiento de los mismos, fomentando la apropiación social y el cierre de brechas cognitivas. Así se constituye en uno de los principales polos de investigación científica y de

1 Rector de la Universidad Nacional del Litoral.

desarrollo tecnológico del país. Al mismo tiempo que ha forjado y consolidado una alianza estratégica con el Conicet para fortalecer en conjunto las actividades de investigación y desarrollo en la región, cuenta con un plantel de 1746 docentes–investigadores, dispone de centros, institutos y laboratorios modernos y equipados, a lo que se suma una relevante capacidad institucional para la administración eficiente de los fondos para investigación y para transferencia de los resultados obtenidos en las actividades de investigación, desarrollo e innovación.

Producto de una política autónoma y comprometida de producción científica, en este libro titulado *Desarrollo sostenible en el centro norte de la provincia de Santa Fe* se resume el producto de gran parte de las investigaciones desarrolladas por nuestros docentes–investigadores en los últimos años a través de proyectos que integran el Programa CAI+D de la UNL, como contribución para el desarrollo sostenible y la elaboración de políticas públicas en el territorio en el que nuestra Universidad desarrolla integralmente sus actividades académicas sustantivas. Quienes recorran esta obra, dividida en cuatro secciones: Desarrollo humano, Sistemas productivos, Ambiente y Estado y Políticas públicas, se encontrarán con diagnósticos y propuestas sobre hábitat, gestión urbana y urbanización, enfermedades prevalentes y desatendidas, salud animal, gestión del riesgo, efectos del ambiente sobre la salud, sistemas agropecuarios sostenibles, agronegocios, biodiversidad y desarrollo sustentable, agua, alimentos, energías renovables, procesos y productos sustentables, ciclo de vida de productos, sistemas de información para organizaciones productivas, educación, género y políticas de igualdad, sistema político, representaciones y reforma política, gobernabilidad, participación ciudadana y desarrollo institucional y seguridad ciudadana y prevención de la violencia y el delito.

Deseamos que este libro sea una contribución que aporte respuestas a las necesidades de la sociedad y a los problemas de la región, y que pueda constituirse en la base para la generación de políticas públicas que respondan a los problemas emergentes y al desarrollo del gobierno provincial y de los gobiernos locales.

Capítulo 1. Alimentos

Introducción

*Silvina R. Drago*¹

A nivel mundial se reconoce que una buena nutrición de la población es la clave para el desarrollo sostenible. Al respecto, uno de los objetivos de desarrollo sostenible de 2015 (ODS) busca «poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible» (objetivo 2 de los ODS–2015). Desde la Universidad Nacional del Litoral (UNL), diferentes grupos de investigación contribuyen con conocimientos a los diferentes aspectos de la sostenibilidad: el desarrollo de alimentos nutritivos y saludables, la formulación de alimentos con fines específicos y la gestión de la calidad alimentaria, ya sea a través de la mejora y control de procesos, del estudio de metodologías apropiadas para la aplicación de buenas prácticas de manufactura (BPM), como del control de niveles de micronutrientes y contaminantes en alimentos. A continuación se detallarán algunos aportes al desarrollo de procesos, de productos e ingredientes provenientes de industrias de reconocida importancia para la provincia de Santa Fe como la cerealera, láctea y frutihortícola, a la conservación de frutas y hortalizas frescas o mínimamente procesadas, al desarrollo de alimentos mejorados nutricionalmente y de alimentos especiales libres de gluten y al aseguramiento de la calidad a través del control de niveles tanto de micronutrientes, como de la determinación de ciertos contaminantes que pueden estar presentes en alimentos como consecuencia de prácticas agrícolas inadecuadas. Cabe destacar que algunas líneas de investigación están orientadas al aprovechamiento de subproductos y residuos orgánicos que generan numerosas industrias y empresas alimentarias, de manera de valorizarlos y aprovecharlos, aumentando la rentabilidad económica del proceso industrial de partida y contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible. Estas investigaciones están dirigidas a obtener diversos compuestos con propiedades bioactivas, que pueden ser ingredientes para el desarrollo de alimentos funcionales, que son aquellos que generan efectos beneficiosos para la salud más allá de su aporte nutricional. En este contexto, se presentará el aprovechamiento del suero lácteo y sus derivados, la obtención de arabinosilanos a partir del salvado de cereales y la obtención de proteínas y péptidos bioactivos a partir subproductos y residuos ricos en proteínas de diferente origen.

1 Facultad de Ingeniería Química, UNL.

Estudio de procesos en la industria de alimentos

En la actualidad, la sostenibilidad de un producto, un proceso o un sistema se evalúa teniendo en cuenta los componentes medioambiental, social y económico. En el caso del sistema alimentario, los desafíos de sostenibilidad están presentes en todas las etapas, desde la producción, el procesamiento, la distribución y la venta, hasta el consumo y la eliminación de los desechos. La producción sostenible de alimentos es el resultado de la intersección de varias necesidades: 1) las necesidades de los consumidores para mejorar la inocuidad y la seguridad alimentaria, así como necesidades más sofisticadas; 2) la búsqueda de la sostenibilidad económica de la producción de alimentos, basada en la reducción de costos y una mayor diferenciación de los productos; y 3) la creciente preocupación por revertir la sobreexplotación de los recursos naturales, la generación de residuos y la contribución al cambio climático (Beto-ret *et al.*, 2016).

Modelado matemático y simulación de procesos de la industria de alimentos

Juan Manuel Peralta,² Bárbara E. Meza² y Susana E. Zorrilla²

En términos generales, la ingeniería de procesos de alimentos tiene tres objetivos inherentes: entender el fenómeno llevado a cabo durante el procesamiento, diseñar las operaciones unitarias o procesos y controlarlos (Trystram, 2012). Esto genera claras oportunidades para poder realizar una contribución desde esta área al desarrollo sostenible de la producción de alimentos. Además, el hecho de que el sector agroindustrial es un elemento clave para la economía de Santa Fe, toda contribución, mejora o innovación en este sector se verán fácilmente amplificadas.

El Grupo de Ingeniería de Alimentos y Biotecnología del INTEC (CONICET– UNL) tiene una amplia trayectoria en el estudio de procesos industriales y la formulación de modelos matemáticos basados en los fenómenos de transporte (flujo de fluidos y transporte de energía y materia) para la representación de los fenómenos involucrados en diferentes procesos de la industria de alimentos. Esta es una herramienta útil y en muchos casos, esencial, porque permite explorar escenarios hipotéticos, reducir el número de ensayos experimentales, aumentar el entendimiento de los fenómenos involucrados, optimizar los procesos y mejorar su automatización y control, entre

² INTEC (CONICET–UNL).

otras ventajas. A continuación se mencionan ejemplos de las aplicaciones sobre las que se posee conocimiento y mediante las cuales se podrían contribuir al desarrollo sostenible de la producción de alimentos en diferentes industrias de Santa Fe.

En relación con la industria láctea, se ha estudiado la predicción del contenido de sales en quesos durante el salado y la maduración (Zorrilla y Rubiolo, 1994a, 1994b). Cuando se realiza el salado de quesos moldeados por inmersión en salmueras que pueden contener una o varias sales (por ejemplo, NaCl y/o KCl), es importante poder determinar el contenido de las mismas al final del salado conociendo el tiempo de inmersión o cuándo se alcanzó la uniformidad de concentración durante la maduración. A diferencia de las determinaciones experimentales, la predicción teórica brinda la posibilidad de explorar potenciales escenarios a muy bajo costo, cambiando las principales variables de operación, tales como la proporción de sales en una mezcla, la concentración de las sales, la temperatura, la forma y el tamaño de los quesos, etcétera.

En el caso de la industria cárnica, se obtuvieron resultados para la predicción de la temperatura durante la cocción de hamburguesas en establecimientos comerciales (Erdogdu *et al.*, 2005; Zorrilla y Singh, 2000, 2003; Zorrilla *et al.*, 2003). Las hamburguesas son un alimento muy popular que deben ser cocinadas para obtener un producto microbiológicamente seguro con las características texturales y sensoriales deseadas. Un modelo matemático adecuadamente validado puede ser usado para estudiar el efecto de la composición centesimal, del tamaño y del espesor de las hamburguesas, por ejemplo, sobre el tiempo de cocción, la energía usada y la letalidad de microorganismos peligrosos para la salud.

En el caso de la industria frutihortícola, se realizaron estudios relacionados con la predicción de la concentración de sal y la temperatura en alimentos sólidos (por ejemplo, en papas tipo *noisette*) durante el proceso de refrigeración y congelación por inmersión en soluciones acuosas refrigerantes (Zorrilla y Rubiolo, 2005a,b; Tello *et al.*, 2011) y durante la congelación por hidrofuidización (Peralta *et al.* 2009, 2010, 2012; Belis *et al.*, 2015; Oroná *et al.*, 2017, 2018). Esta última es una tecnología que utiliza jets del fluido refrigerante, creando un medio altamente turbulento que mejora la transferencia de energía. Estos son métodos que no solo presentan las ventajas asociadas a un proceso de congelación rápida (por ejemplo, conservando mejor la calidad del producto final) sino que permiten ahorrar energía y afectan menos al medioambiente.

En el caso de la industria panadera, íntimamente relacionada con la industria cerealera, se ha estudiado la predicción del campo de flujo de materiales que fluyen a través de boquillas (Peralta *et al.*, 2011a,b; Augustin *et al.*, 2012), donde los

resultados obtenidos pueden ser aplicables a materiales alimentarios extrudables (masas, rellenos para galletitas, fluidos formadores de coberturas, entre otros). Además, se realizaron investigaciones relacionadas a la caracterización reológica de masas para tortas, donde la modificación más importante fue la variación de las condiciones del tratamiento térmico realizado a la harina utilizada como base para las formulaciones (Chesterton *et al.*, 2011; Meza *et al.*, 2011).

También, se ha trabajado en temas que son de interés tanto para la industria láctea, como para las industrias frutihortícola y panadera. Aquí, los estudios estuvieron relacionados con la predicción de los principales parámetros operativos durante el proceso de recubrimiento de alimentos por inmersión (por ejemplo, perfiles de velocidad local y promedio, caudal, y espesor local y promedio de los recubrimientos). Esto permite vislumbrar prometedoras aplicaciones a diversos productos como helados, frutas, galletitas y alfajores (Peralta *et al.*, 2014a,b, 2017; Peralta y Meza, 2016; Meza *et al.*, 2015, 2016, 2018).

Asimismo, se está estudiando la predicción de perfiles de liberación de nutrientes y compuestos bioactivos desde sistemas de encapsulación (Oroná *et al.*, 2019a,b). La encapsulación de dichos compuestos (por ejemplo, lípidos, vitaminas, péptidos, antioxidantes, minerales) puede ser útil en muchas aplicaciones en la industria de alimentos. Las herramientas de predicción teórica permiten no solo analizar la capacidad de liberación de un compuesto en el sitio deseado sino también desarrollar nuevos sistemas teniendo en cuenta un abanico muy amplio de posibilidades, derivado de la combinación de diferentes tipos de matrices, sistemas de encapsulación y/o de bioactivos encapsulados.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se recomienda incentivar la interacción entre las industrias y la academia para desarrollar modelos matemáticos de los procesos de interés, especialmente su virtualización, a fin de usar esta herramienta para mejorar el entendimiento de los fenómenos involucrados, el efecto de las principales variables y desarrollar capacidades para la innovación. De esta forma, la industria de alimentos de la provincia de Santa Fe puede lograr ventajas productivas y competitivas frente a los inminentes avances de la Industria 4.0.