

Grupo de Investigación en Tecnologías Ambientales

ACTORES SOCIALES FRENTE AL DESAFÍO DE LA SUSTENTABILIDAD II

SANTIAGO MARÍA REYNA

Director del Programa

SANTIAGO MARÍA REYNA

MARTA JULIÁ

Editores



Ministerio de
**SERVICIOS
PÚBLICOS**



UNC



FCEyN

ACTORES SOCIALES FRENTE AL DESAFÍO DE LA SUSTENTABILIDAD II

PROYECTOS CONSOLIDAR 2018-2021

Santiago María Reyna

Marta Susana Juliá

Editores



ACTORES SOCIALES FRENTE AL DESAFÍO DE LA SUSTENTABILIDAD II

Editores de contenido

Santiago María Reyna

Marta Susana Juliá

Autores

Marta Susana Juliá - Santiago María Reyna - Mónica Buraschi – Teresa M. Reyna – Pablo Recabarren – Fabián López – Sergio Devalis – Francisco A. Delgadino - María Florencia Peretti - Celina N. Amato - Fabián Fulginiti – María Florencia Bianco - María Lábaque - Rocío Bianchi – Sofía Neyra – Manuel M. Reyna – Magalí Carro Pérez - Rocío Medina – Lourdes I. Marini – Agustina Regali – Federico José Strauss Bertolini - Marco Gauna – Salvador Degano – Cecilia Bertolino

Edición de portada y formato

María Florencia Bianco

Este libro fue realizado con el aporte económico de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SeCyT) y el apoyo a los becarios y sus directores por parte del Ministerio de Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra, para fines educativos u otros fines no comerciales, siempre que se cite la fuente.

Reyna, Santiago María
Actores Sociales Frente al Desafío de la Sustentabilidad II : Grupo de Investigación en Tecnologías Ambientales / Santiago María Reyna ; contribuciones de Marta Susana Juliá... [et al.] ; dirigido por Santiago María Reyna ; editado por María Florencia Bianco. - 1a ed. - Córdoba : Santiago María Reyna, 2021.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-88-0807-9

1. Energía Renovable. 2. Energía Eólica. 3. Energía Geotérmica. I. Juliá, Marta Susana, colab. II. Bianco, María Florencia, ed. III. Título.
CDD 621.042

© 1ª Edición Julio del 2021

Los artículos publicados en este libro han sido transcritos literalmente de los originales enviados por sus autores, siendo de ellos la responsabilidad exclusiva de sus contenidos y redacción.

ISBN 978-987-88-0807-9



9 789878 808079

ÍNDICE

PRÓLOGO	15
MAG. ING. PABLO RECABARREN.....	15
PRÓLOGO	19
ING. FABIÁN LÓPEZ, PH.D.....	19
<i>ENSAYOS SOBRE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y SUS ACTORES FRENTE A LA SUSTENTABILIDAD</i>	21
LAS NORMATIVAS Y LOS ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO CONTEXTO PARA SU DESARROLLO EN CÓRDOBA	23
SANTIAGO M. REYNA	23
LAS ENERGÍAS RENOVABLES: POLÍTICAS, NORMAS, INSTITUCIONES E IMPLEMENTACIÓN EN ARGENTINA	33
MARTA S. JULIÁ	33
DEMOCRACIA Y POLÍTICAS AMBIENTALES	43
FRANCISCO A. DELGADINO	43
LA BIOENERGÍA Y LA SUSTENTABILIDAD DE SU CADENA DE VALOR	49
MÓNICA BURASCHI, MARÍA FLORENCIA PERETTI, CELINA N. AMATO	49
ENERGÍAS RENOVABLES – HIDROELECTRICIDAD DE PEQUEÑA ESCALA	55
TERESA M. REYNA	55
UN PANORAMA DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y SUS REFERENTES	61
SERGIO DEVALIS	61
<i>ASPECTOS ECONÓMICOS Y TÉCNICOS ASOCIADOS A LAS ENERGÍAS RENOVABLES</i>	71
CAPÍTULO 1: LA CADENA DE VALOR DEL BIODIÉSEL ARGENTINO	73
MGTER. MÓNICA BURASCHI	73
INTRODUCCIÓN	74
1- ESTRUCTURA DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LA CADENA DEL BIODIÉSEL	75
2- ALCANCE GEOGRÁFICO	81
3- GOBERNANZA DE LA CADENA DEL BIODIÉSEL	84
REFLEXIÓN FINAL	86
CAPÍTULO 2: POTENCIAL DE RECURSO EÓLICO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA ...	91

MARÍA FLORENCIA BIANCO, SANTIAGO M. REYNA, MARÍA LÁBAQUE	91
INTRODUCCIÓN	92
1- DATOS DE RECURSO EÓLICO EN CÓRDOBA	94
2- OTROS ASPECTOS QUE INFLUYEN EN LA LOCALIZACIÓN	95
<i>Áreas Naturales Protegidas</i>	96
<i>Red vial</i>	97
<i>Red eléctrica</i>	98
<i>Velocidades de viento a altura apropiada</i>	98
<i>Asentamientos humanos</i>	103
<i>Bosques cultivados y Reservas Forestales Intangibles</i>	104
<i>Cursos y cuerpos de agua</i>	105
<i>Área final disponible para uso del recurso eólico</i>	106
3- POTENCIAL TEÓRICO MÁXIMO PARA LA PROVINCIA	107
<i>Rosas de los vientos en Córdoba</i>	107
BREVES REFLEXIONES SOBRE EL CAPÍTULO	111
CAPÍTULO 3: ENERGÍA SOLAR EN ARGENTINA	113
MARÍA AGUSTINA REGALI, SANTIAGO M. REYNA, FABIÁN FULGINITI	113
INTRODUCCIÓN	113
1- TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO ACTIVO	114
<i>Conversión a energía térmica</i>	114
<i>Conversión a energía eléctrica</i>	115
2- BASE DE DATOS DE RECURSO SOLAR	116
3- ESTADO DEL ARTE	119
<i>Energía solar térmica de baja temperatura: Situación actual</i>	119
<i>Energía fotovoltaica: situación Actual</i>	121
<i>Aprovechamiento de la energía solar en Argentina</i>	123
COMENTARIOS FINALES	124
CAPÍTULO 4: BIOGÁS EN ARGENTINA	127
ROCÍO MEDINA, SANTIAGO M. REYNA, FABIÁN FULGINITI	127
INTRODUCCIÓN	128
1- PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA	129
2- BIOGÁS	130
<i>Aplicación del biogás</i>	131
<i>Etapas de la digestión anaeróbica</i>	133
<i>Factores que influyen en la producción de biogás</i>	135
<i>Tipos de Biodigestores</i>	135
<i>Subproducto de la producción de biogás</i>	137
3- HISTORIA Y ESTADO DEL ARTE DEL BIOGÁS	138

<i>Situación en Argentina</i>	139
<i>Situación en Córdoba</i>	146
4- CONCLUSIONES.....	151
BIBLIOGRAFÍA	151
CAPÍTULO 5: ESTADO DEL ARTE DEL BIOETANOL GENERADO A PARTIR DE MAÍZ	153
ROCÍO BIANCHI, SANTIAGO M. REYNA, FABIÁN FULGINITI.....	153
INTRODUCCIÓN	154
BIOETANOL Y SU MATERIA PRIMA.....	155
PROCESO DE GENERACIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE MAÍZ.....	160
GENERACIÓN DE BIOETANOL EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA	163
BIOCOMBUSTIBLES EN ARGENTINA: MATRIZ ENERGÉTICA Y LEGISLACIÓN ASOCIADA	163
CONTEXTO INTERNACIONAL EN MATERIA DE BIOCOMBUSTIBLES	166
BREVES REFLEXIONES FINALES.....	169
CAPÍTULO 6: ESTADO DEL ARTE EN EL ÁREA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES, PARTICULARMENTE EN EL BIODIESEL PRODUCIDO A PARTIR DE LA SOJA	171
SOFÍA NEYRA, SANGIAGO M. REYNA, FABIÁN FULGINITI	171
INTRODUCCIÓN	172
1- BIOENERGÍA.....	175
2- BIODIESEL Y SUS PROPIEDADES.....	176
HISTORIA Y SITUACIÓN ACTUAL DEL BIODIESEL EN ARGENTINA.....	180
1) <i>Modificación ley 26.093</i>	181
<i>Proyecto de Ley:</i>	182
PRECIO BIODIESEL.....	183
<i>Resolución 1/2021</i>	184
SITUACIÓN ACTUAL	185
<i>Situación actual en Estados Unidos</i>	197
REFLEXIONES FINALES	199
CAPÍTULO 7: ETIQUETADO AMBIENTAL EDIFICIO, ESTADO ACTUAL	203
LOURDES MARINI, SANTIAGO M. REYNA, FABIÁN FULGINITI.....	203
INTRODUCCIÓN	203
CONCEPTOS TÉCNICOS.....	206
<i>Uso y diseño eficiente de viviendas</i>	206
<i>Sistemas de etiquetado</i>	208
AVANCES EN EL PAÍS	211
<i>A nivel Nacional:</i>	211
PROVINCIA DE CÓRDOBA.....	213
CONCLUSIÓN	216

CAPÍTULO 8: MODELADO DE LA EFICIENCIA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA.....219

MANUEL M. REYNA, MAGALÍ E. CARRO PÉREZ, SANTIAGO M. REYNA.....	219
INTRODUCCIÓN	220
<i>Geotermia de baja entalpía</i>	220
<i>Bombas de calor</i>	221
<i>Bombas geotérmicas con sonda vertical</i>	224
<i>Bombas geotérmicas con sonda horizontal</i>	226
EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS.....	227
<i>Comparación con la eficiencia de calefacción por gas natural</i>	227
<i>Comparación con la eficiencia de calefacción por gas licuado de petróleo</i>	228
<i>Evaluación del funcionamiento en verano</i>	229
MODELO UTILIZADO	229
DISCUSIÓN	232
<i>Comparación de los rendimientos típicos</i>	232
<i>Longitudes óptimas</i>	233
<i>Sensibilidad a la conductividad térmica del suelo</i>	236
<i>Efectos del clima del sitio</i>	237
<i>Separación entre sondas</i>	237
CONCLUSIONES	238
<i>Dependencia de las características del suelo, las condiciones climáticas y constructivas</i>	239
<i>Conclusiones del modelo</i>	240
<i>Recomendaciones generales</i>	241

NORMATIVAS ASOCIADAS A LAS ENERGÍAS RENOVABLES245**CAPITULO 9: EL ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS LEYES NACIONALES VIGENTES (PANORAMA GENERAL).....247**

DRA. MARTA JULIÁ	247
INTRODUCCIÓN	248
1- LAS POLÍTICAS Y LA COMPLEJIDAD	249
2- LA FORMULACIÓN NORMATIVA SOBRE EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN ARGENTINA Y EL DESARROLLO ALCANZADO	251
3- LOS ASPECTOS INSTITUCIONALES VINCULADOS A LAS ENERGÍAS RENOVABLES	255
LAS DIMENSIONES OBJETO DE ANÁLISIS EN LAS LEYES NACIONALES.....	260
LAS VARIABLES OBJETO DE ANÁLISIS EN LAS LEYES SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES.....	261
PRINCIPALES REFLEXIONES A PARTIR DEL ANÁLISIS REALIZADO.....	263

CAPÍTULO 10: ENERGÍA EÓLICA Y NORMATIVAS ASOCIADAS.....267

MARÍA FLORENCIA BIANCO, MARTA S. JULIÁ, SANTIAGO M. REYNA	267
---	-----

INTRODUCCIÓN	268
1- LEGISLACIÓN NACIONAL	268
<i>Ley 24.065: Régimen de la Energía Eléctrica</i>	269
<i>Ley 25.019: Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar</i>	270
<i>Ley 26.190: Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica</i>	272
<i>Ley 27.191: Modificación del Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica (ley 26.190)</i>	274
<i>Ley 27.424: Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica</i>	275
2- LEGISLACIÓN PROVINCIAL	276
<i>Ley 8.810: Las energías renovables y el uso racional de la energía</i>	277
<i>Ley 9.229: Ampliación del Acuerdo de Participación en el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Eléctricos Rurales - PERMER</i>	277
<i>Ley 10.397: Adhiere la Provincia de Córdoba a la Ley Nacional Nº 26.190 y su modificatoria Nº 27.191 -Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica</i>	277
<i>Ley 10.572: Declara de interés provincial el Uso Racional y Eficiente de la Energía</i>	277
<i>Ley 10.604: Adhiere Córdoba a la Ley Nacional Nº 27.424 "Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública</i>	278
3- PROGRAMAS DE FOMENTO	278
<i>RenovAr: Programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables</i>	278
<i>MaTer: Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable</i>	279
<i>PERMER: Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales</i>	279
<i>GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍAS RENOVABLES: Régimen para su fomento</i>	280
CERTIFICACIONES Y NORMAS	281
<i>Normas Internacionales</i>	281
<i>Otras normas enfocadas a la certificación de pequeños aerogeneradores</i>	282
<i>Certificación en Argentina</i>	282
<i>Organismos certificadores</i>	283
BREVES REFLEXIONES SOBRE EL CAPÍTULO	283
CAPÍTULO 11: BIOMASA Y NORMATIVAS ASOCIADAS	287
SOFÍA NEYRA, ROCÍO BIANCHI, ROCÍO MEDINA, MARTA S. JULIÁ, SANTIAGO M. REYNA	287
INTRODUCCIÓN	288

1- LEGISLACIÓN NACIONAL	289
<i>Leyes Nacionales y decretos reglamentarios.....</i>	<i>289</i>
<i>Ley Nacional 26.190/06: Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.....</i>	<i>290</i>
<i>Ley Nacional 26.093/06: Régimen de Regulación y Promoción de la Producción y Uso de Biocombustibles.....</i>	<i>291</i>
<i>Ley Nacional 26.334/07: Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol</i>	<i>292</i>
<i>Ley Nacional 27.191/15: Modificación del Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica (ley 26.190)</i>	<i>292</i>
<i>Ley Nacional 27.424/17: Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública.</i>	<i>293</i>
<i>Decretos, resoluciones y normas nacionales</i>	<i>294</i>
<i>Decreto 1.738/92: Reglamentación de la Ley N° 24.076 que regula la actividad de transporte y distribución de gas natural como servicio público nacional. ..</i>	<i>294</i>
<i>Resolución 129/01: Definición del Biodiesel. Punto de inflamación. Contenido de azufre máximo, y otras especificaciones.</i>	<i>294</i>
<i>Decreto 1.396/01: Plan de Competitividad para el Combustible Biodiesel. Modificaciones al Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural. Normas Complementarias.</i>	<i>295</i>
<i>Resolución 1.283/06: Impuesto sobre los combustibles líquidos y el gas natural. Especificaciones que deberán cumplir los combustibles que se comercialicen para su consumo en el territorio nacional.</i>	<i>295</i>
<i>Resolución 1.293/08: Mecanismo de selección, aprobación y orden de prioridades de proyectos de producción. Beneficios promocionales del Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles.....</i>	<i>296</i>
<i>Resolución 1.295/08: Especificaciones de calidad que deberá cumplir el bioetanol.....</i>	<i>297</i>
<i>Resolución 1.296/08: Condiciones mínimas que deben cumplir las Plantas de Biocombustibles en relación a la seguridad contra incendio.....</i>	<i>297</i>
<i>Resolución 6/10: Especificaciones de calidad que deberá cumplir el biodiesel.</i>	<i>297</i>
<i>Resolución 108/11: Habilitase la realización de Contratos de Abastecimiento entre el Mercado Eléctrico Mayorista y las ofertas de disponibilidad de generación y energía asociada.</i>	<i>297</i>
<i>Decreto 543/16: Porcentaje obligatorio de Bioetanol. Abastecimiento.</i>	<i>298</i>
<i>Resolución 375/16: Convocatoria a Escuelas Rurales para la Instalación y Uso de Biodigestores.</i>	<i>298</i>

Resolución 415/17.	298
Resolución 83/18: Regímenes de promoción. Biocombustibles. Ley 26.093. Determinación del precio de adquisición del biodiesel destinado a la mezcla en el mercado interno.	299
Norma IRAM 6515-1.	299
2- LEGISLACIÓN PROVINCIAL	299
Regulación de los sistemas intensivos y concentrados de producción animal (SICPA)	299
Ley Provincial 8.810/99: Las energías renovables y el uso racional de la energía.	300
Ley Provincial 9.306/06: Regulación de los sistemas intensivos y concentrados de producción animal (SICPA).....	300
Ley Provincial 9.397/07: Promoción de la producción, procesamiento y uso sustentable de biocombustibles en el ámbito del territorio provincial.	301
Ley Provincial 10.397/16: Adhesión de la Provincia de Córdoba a la Ley Nacional N° 26190 y su modificatoria N° 27191 -Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica-.....	302
Ley Provincial 10.572/18: Declara de interés provincial el Uso Racional y Eficiente de la Energía.	302
Ley Provincial 10.604/19: Adhiere Córdoba a la Ley Nacional N° 27.424 “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública.	303
Ley Provincial 10.721: Ley de promoción y desarrollo para la producción y consumo de biocombustibles y bioenergía.....	303
3- PROGRAMAS DE FOMENTO	305
RenovAr: Programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.	305
PROBIOMASA	306
PROBiogas	306
PROSAP.....	307
BREVES REFLEXIONES SOBRE EL CAPÍTULO	307
CAPÍTULO 12: ENERGÍA SOLAR Y NORMATIVAS ASOCIADAS	311
AGUSTINA REGALI, MARTA S. JULIÁ, SANTIAGO M. REYNA	311
INTRODUCCIÓN	311
1- LEGISLACIÓN NACIONAL	312
Ley 25.019/1998: Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar.....	312
Ley 26.190/2006: Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica	314

<i>Ley 27.191/2015: Modificación del Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica (ley 26.190)</i>	315
<i>Ley 27.424/2017: Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública</i>	315
2- LEGISLACIÓN PROVINCIAL	316
<i>Ley 8.810/1999: Las energías renovables y el uso racional de la energía</i>	316
<i>Ley 10.573/2018: Sistemas de Aprovechamiento de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura para el abastecimiento de Agua Caliente</i>	316
<i>Ley 10.572/2018: Declara de interés provincial el Uso Racional y Eficiente de la Energía</i>	317
<i>Ley 10.604/2019: Adhesión a Ley Nacional 27.424/2017</i>	317
OBSERVACIONES	319
CAPÍTULO 13: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y NORMATIVAS ASOCIADAS	321
LOURDES MARINI, MARTA S. JULIÁ, SANTIAGO M. REYNA	321
INTRODUCCIÓN	321
1- LEGISLACIÓN NACIONAL	322
<i>Ley 25.675: Ley general de ambiente y presupuestos mínimos</i>	322
<i>Ley 27.424: Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública</i>	326
PROYECTO DE LEY: LEY DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	326
2- LEGISLACIÓN PROVINCIAL	330
<i>Ley 10.208: Política Ambiental Provincial</i>	330
<i>Ley 10.572: “Declaración de interés provincial del uso racional y eficiente de la energía”</i>	330
PROYECTO DE LEY: Etiquetado Ambiental Edificio.....	332
OBSERVACIONES	333
CAPÍTULO 14: ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA Y NORMATIVAS ASOCIADAS	335
MANUEL M. REYNA, MARTA S. JULIÁ, SANTIAGO M. REYNA.....	335
INTRODUCCIÓN	336
LEGISLACIÓN NACIONAL.....	337
<i>Constitución Nacional</i>	337
<i>Tratados internacionales</i>	337
<i>Leyes nacionales sobre ambiente y energía</i>	338
LEGISLACIÓN PROVINCIAL	338
NORMAS TÉCNICAS ARGENTINAS	339
NORMAS EXTRANJERAS DE ESTÁNDARES PARA SISTEMAS DE BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS .	340

NORMAS EXTRANJERAS DE EFICIENCIA DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN	342
PROGRAMAS DE FOMENTO	344
<i>Programas vigentes a nivel nacional</i>	344
<i>Programas vigentes a nivel provincial</i>	345
<i>Aplicación de los programas a la energía geotérmica de baja entalpía</i>	345
BREVES REFLEXIONES SOBRE EL CAPÍTULO	346
CAPÍTULO 15: MAPA DE ACTORES EN MATERIA DE ENERGÍAS RENOVABLES	347
AUTORES: ALUMNOS DE LA MAESTRÍA EN GENERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES FCEFYN- UNC 2020, MARTA S. JULIÁ	347
INTRODUCCIÓN	348
LA PROPUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE ACTORES (DESCRIPCIÓN).....	349
EL MARCO JURÍDICO, POLÍTICO E INSTITUCIONAL	350
LOS ACTORES DE ACUERDO A LOS PROYECTOS	352
1- <i>Paneles fotovoltaicos de energía solar para abastecimiento de una pequeña población</i>	352
2- <i>Energía solar térmica</i>	354
3- <i>Energía geotérmica de baja entalpía</i>	356
SECTOR.....	356
NACIONALES.....	356
PROVINCIALES/LOCALES	356
4- <i>Biogás</i>	358
5- <i>Biomasa</i>	362
6- <i>Eficiencia Energética</i>	363
7- <i>Energía Solar Fotovoltaica</i>	366
8- <i>Energía eólica</i>	370
REFLEXIONES FINALES SOBRE EL CAPÍTULO.....	374
CAPÍTULO 16: IMPLEMENTACIÓN DE LAS POLÍTICAS: EL CASO DEL PROGRAMA DE ENERGÍA RENOVABLE EN MERCADOS RURALES (PERMER).....	377
FEDERICO JOSÉ STRAUSS BERTOLINI, MARTA S. JULIÁ.....	377
INTRODUCCIÓN	377
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA	379
EVOLUCIÓN DEL PROGRAMA	381
GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL DEL PROYECTO	384
REFLEXIONES FINALES	385

CAPÍTULO 5: ESTADO DEL ARTE DEL BIOETANOL GENERADO A PARTIR DE MAÍZ

Rocío Bianchi⁴², Santiago M. Reyna⁴³, Fabián Fulginiti⁴⁴

Resumen

A lo largo de los últimos años, el gobierno argentino produjo diversos tipos de incentivos, los cuales, en conjunto con las características agroclimáticas de la región pampeana, convierten a la generación de bioetanol a partir de maíz en una actividad conveniente y con rendimientos optimistas. De esta manera, se puede lograr una diversificación de la matriz energética, beneficios económicos, sociales, ambientales, entre otros.

El presente capítulo busca informar sobre el estado del arte de la energía producida a través de la biomasa, en particular aquella proveniente de la industria maicera, tanto en la provincia de Córdoba como en Argentina y, brevemente, en el contexto global. Provee información necesaria para sentar las bases de la producción e implementación de la energía obtenida a partir de la biomasa a distintas escalas y para una eficiente toma de decisiones en el área.

Palabras clave

Bioetanol, maíz, bioenergía, biocombustibles.

Abstract

Over the last few years, the Argentinean government has produced various types of incentives, which, together with the agro-climatic characteristics of the pampean region, make the generation of bioethanol from corn a convenient activity with

⁴² Ingeniera Ambiental. Universidad Nacional de Córdoba. rbianchi@mi.unc.edu.ar

⁴³ Ph.D. en Ingeniería de la Universidad de Purdue; Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Córdoba. santiagoreyna@unc.edu.ar

⁴⁴ Mag. Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Córdoba. fabianfulginiti@unc.edu.ar

optimistic yields. In this way, a diversification of the energy matrix can be achieved, as well as economic, social and environmental benefits, among others.

This chapter aims to report on the state of the art of biomass energy, in particular from the corn industry, both in the province of Córdoba and in Argentina and, briefly, in the global context. It provides the necessary information to lay the foundations for the production and implementation of biomass energy at different scales and for efficient decision making in the area.

Introducción

Históricamente, la matriz energética de la República Argentina ha dependido prácticamente en su totalidad de los combustibles fósiles. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado fuentes de energía renovable alternativas que tienen un gran potencial para mitigar el cambio climático y, además, para aportar otros beneficios: si se utilizan de forma adecuada, pueden contribuir al desarrollo social y económico, favorecer el acceso a la energía y la seguridad del suministro de energía y reducir sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud.

Una de las energías renovables potencialmente aprovechable es la biomasa, que procede de manera indirecta del sol. De acuerdo con la FAO, la biomasa es “todo material de origen biológico (excluidas las formaciones fósiles) como los cultivos energéticos, desechos y subproductos agrícolas y forestales, estiércol o biomasa microbiana”. Específicamente, los cultivos energéticos son cosechas desarrolladas con el propósito de producir biomasa, entre los cuales se encuentran la caña de azúcar, maíz, remolacha, mandioca, entre otros.

Atendiendo a la predisposición al cultivo de maíz existente en la región pampeana de Argentina, que incluye a la provincia de Córdoba, influenciada por las condiciones climáticas, tipo de suelo, tradición, entre otros factores y considerando los altos rendimientos resultantes en la producción agrícola, es viable considerar la posibilidad de la utilización de maíz para la generación de biocombustibles, específicamente bioetanol, debido a sus características físicas y químicas.

Como consecuencia, en este capítulo se desarrollará un análisis del estado del arte de la producción de bioetanol a partir de maíz en el país, con énfasis en la provincia de Córdoba.

Bioetanol y su materia prima

El etanol o alcohol etílico es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa o almidón. El bioetanol es etanol obtenido a partir del procesamiento de cultivos energéticos como caña de azúcar, maíz, sorgo, remolacha o de algunos cereales como trigo o cebada.

Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}/\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ y posee una masa molecular de 46.1, punto de ebullición de 79°C , punto de fusión de -117°C y densidad relativa de 0,789. Puede ser utilizado como combustible y, comparado con la gasolina, tiene un poder calorífico menor, calidad antidetonante mayor (mayor índice de octano) y calor de vaporización mayor (dificultades en el arranque pero mayor rendimiento). Si el etanol se mezcla con combustible en una proporción menor al 10%, dicho combustible presenta idéntico rendimiento y potencia a que si estuviera en estado puro.

En la República Argentina, atendiendo a las condiciones agroclimáticas y a los cultivos tradicionales producidos, las materias primas principales para la generación de bioetanol son la caña de azúcar y el maíz.

Respecto a la caña de azúcar, su producción se focaliza en el Centro Azucarero Argentino, formado por las provincias Tucumán, Jujuy y Salta (que representan el 99.5% del total de la producción de azúcar del país) y Misiones y Santa Fe que generan el 0.5% restante (Subsecretaría de Programación Microeconómica, 2018). En la Figura 42 se puede observar la distribución geográfica de la superficie destinada a la caña de azúcar, producción de azúcar, junto a las destilerías y plantas de bioetanol, que se concentran principalmente en Salta, Jujuy y Tucumán.

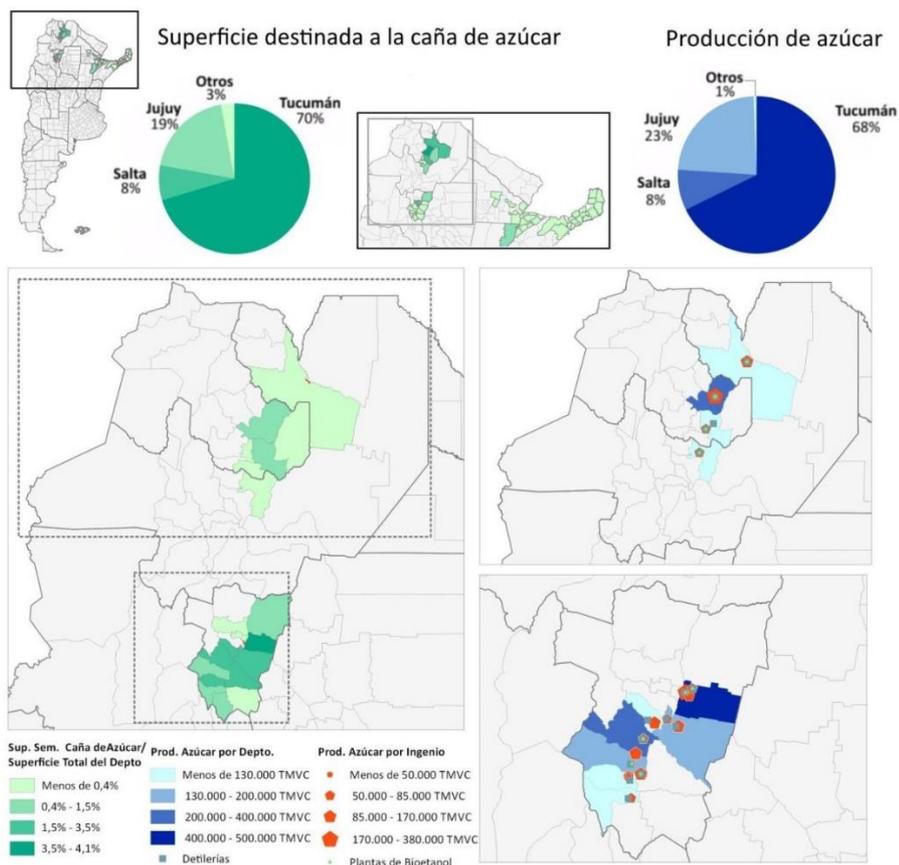


Figura 42.- Localización de la producción de caña de azúcar, ingenios azucareros y plantas de Bioetanol en Argentina. (Subsecretaría de Programación Microeconómica, 2018)

Los ingenios azucareros, de integración vertical, son los que lideran la producción de bioetanol, ya que disponen de la materia prima en diferentes escalas y el acceso a financiamiento competitivo que les permite poder desarrollar las inversiones necesarias para ampliar su capacidad de producción (FAO, 2013). Los ingenios azucareros que producen bioetanol son de capital mayoritariamente argentino y desde los inicios de sus actividades han volcado su producción casi exclusivamente al mercado local. Luego, aparecen las empresas mezcladoras de biodiesel y bioetanol con los combustibles fósiles, gasoil y naftas respectivamente. Entre ellas, se destacan YPF, Esso, Shell y Petrobras (FAO, 2013). Estas empresas están obligadas a comprar el biocombustible para la mezcla, de acuerdo al Régimen de Regulación y Promoción de

la Producción y Uso de Biocombustibles establecido por la Ley N.º 26.093/06 que se mencionará posteriormente.

Referido al maíz, tal como se puede observar en el mapa de la Figura 43, el 80% de la producción en Argentina se concentra en la “Zona Núcleo Maicera”, integrada por el norte de la provincia de Buenos Aires, el sudeste de Córdoba y el sur de Santa Fe. También hay centros relevantes en Santiago del Estero, Entre Ríos, La Pampa y Chaco. A su vez, tal como se observa en la Figura 43, la localización de las plantas de molienda es mayoritariamente en las principales zonas productoras del cereal, al igual que ocurre con las plantas de generación de bioetanol, ubicadas en la provincia de Córdoba. Dichas plantas se describirán luego, y poseen capacidades de procesamiento que van desde 50000 a 160000 m³ al año.

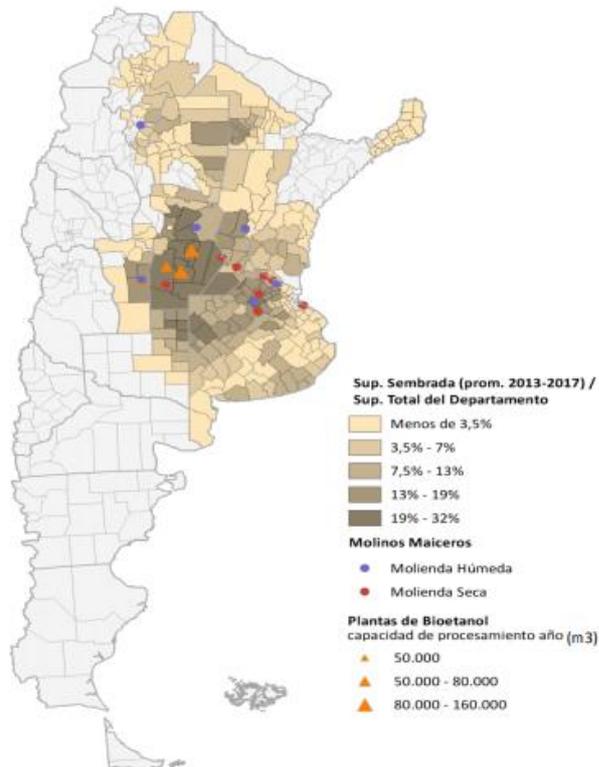


Figura 43.- Localización de la producción de maíz y establecimientos industriales en Argentina. Promedio 2014-2018. (Subsecretaría de Programación Microeconómica, 2019)

El maíz es un cultivo secundario de verano, que interviene principalmente en la rotación con otros cultivos como la soja, el algodón o el arroz, o rotación con pasturas en las zonas ganaderas de producción de carne vacuna o de leche.

La cosecha en Argentina se extiende entre febrero y agosto del año siguiente. De acuerdo a la Bolsa de Comercio de Rosario, en las últimas campañas donde se presentan datos (campañas 2018/19 y 2019/20) la producción de maíz en el país fue de alrededor de 50 millones de toneladas, con un área sembrada de aproximadamente 7 millones de hectáreas, tal como se grafica en la Figura 44.



Figura 44.- Producción estimada de maíz en Argentina (Bolsa de Comercio de Rosario, 2020)

Es importante recalcar que la superficie sembrada ha presentado una notable tendencia creciente en el quinquenio 2014/15 a 2018/19, cuando subió de 4.5 millones de hectáreas a 7.0 M ha. La campaña 2019/20, si bien muestra una leve caída a 6.9 M ha, posee la segunda mayor superficie sembrada de la historia. En base a un rinde promedio a nivel nacional de 8.2 toneladas por hectárea, la producción total se estima en 50 millones de toneladas, nuevamente, la segunda más alta en los registros. A los precios actuales, la producción de maíz aportará en el nuevo ciclo comercial USD 6.700 millones al producto argentino. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2020).

El cultivo de maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la que se aprovecha cerca del 50% en forma de grano. El resto, corresponde a diversas estructuras de la planta: caña, hoja, limbos y mazorca, entre otros. En la composición típica promedio del grano de maíz, que constituye la materia prima para la producción de bioetanol, un 66% de su biomasa (peso seco, una vez descontado el 15% de humedad que se considera un valor estándar) corresponde al almidón, un 3.9% son aceites y cerca de un 29% es gluten con diferentes proporciones de proteínas. La producción de biomasa residual (cañas, hojas, chalas y mazorcas), oscila entre 7 y 10 toneladas de peso seco por hectárea (Martinez, 2016).

En base a la notable predisposición al cultivo de maíz en la región pampeana argentina (que incluye a la provincia de Córdoba), su alto rendimiento y facilidad en la predictibilidad de la disposición y concentración espacial, es posible afirmar que es viable la utilización del maíz como materia prima para la generación de etanol.

De acuerdo a los datos existentes, tal como se observa en la Figura 45, la producción de bioetanol de maíz muestra un aumento constante desde 2012, llegando a un 52% de la producción de bioetanol total en el año 2018, fecha de la cual se tienen registros oficiales (Subsecretaría de Programación Microeconómica, 2019).

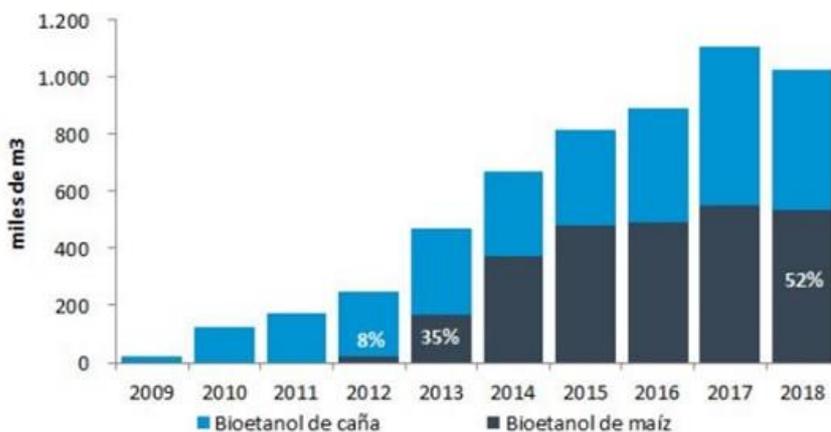


Figura 45.-Producción de Bioetanol por origen. Período 2009-2018. En miles de metros cúbicos. (Secretaría de Energía, 2019).

Considerando los datos de la producción y los incentivos gubernamentales generados recientemente, se espera que la tendencia en la producción de bioetanol siga

umentando. Esto debe ir acompañado de un estudio de las tecnologías existentes, en busca de técnicas cada vez más eficientes y convenientes desde el punto de vista técnico, ambiental y económico.

Proceso de generación de bioetanol a partir de maíz

El maíz puede ser procesado para obtener etanol mediante dos tecnologías: molienda en seco o molienda en húmedo. Dichos procesos ocurren en grandes instalaciones denominadas destilerías, que pueden ser a gran escala, tal como se observa en la Figura 46, o a pequeña escala como en la Figura 47.



Figura 46.-Destilería a gran escala, de la empresa PROMAIZ en la provincia de Córdoba, Argentina. (PROMAIZ, s.f.)



Figura 47.- Destilería a pequeña escala, denominada "MiniDest", de la empresa PORTA Hnos. S.A. (MiniDest, s.f.)

A la hora de establecer una planta de producción, las opciones son múltiples y difieren en el diseño, nivel de automatismo, materiales y otros factores, lo que influye directamente en los costos. Se deberá elegir la opción más conveniente de acuerdo a los objetivos del productor, volumen a generar, disponibilidad de materia prima, mano de obra, costos y eficiencia energética, entre otros.

Independientemente de la escala de la destilería, el proceso productivo general se presenta en la Figura 48, junto a los posibles destinos para los coproductos y desechos.

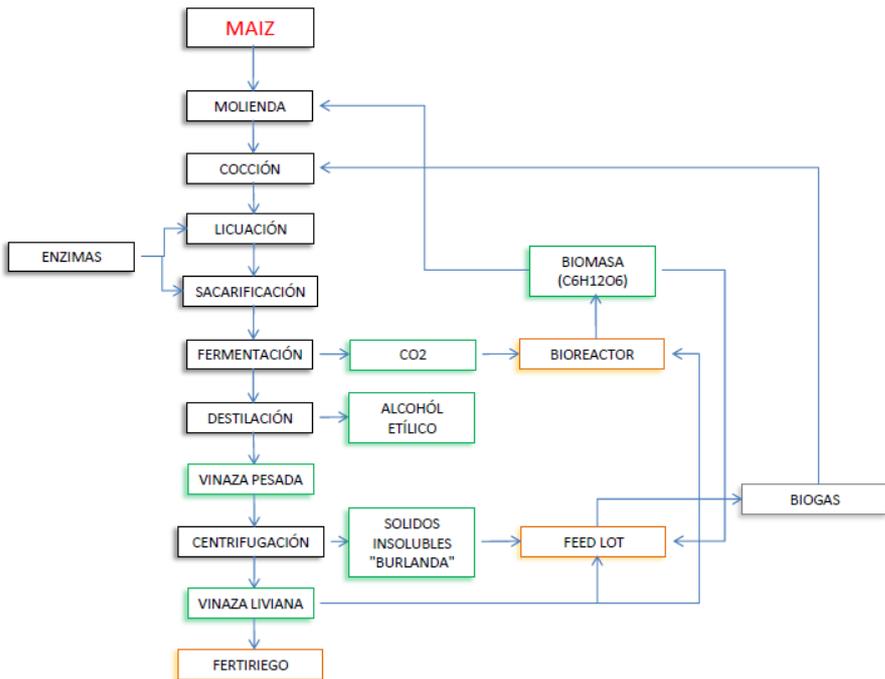


Figura 48.- Esquema de procesos en la producción de bioetanol (Fulginiti, 2018).

El proceso comienza con la molienda seca, donde se limpia el grano de maíz que luego pasa a través de molinos a martillo que lo muelen en un polvo fino (harina de maíz). La harina de maíz es enviada por medio de un transporte mecánico a tanques donde se la mezcla con agua y enzimas (alfa amilasa). Se eleva la temperatura mediante la recuperación de energía térmica de la vinaza pesada, para alcanzar una temperatura de trabajo de entre 60 y 62°C y poder comenzar con el proceso de cocción y licuefacción del almidón. Durante esta etapa se controla el pH de la cocción con el agregado de ácido sulfúrico o soda cáustica.

El mosto obtenido anteriormente, mediante el proceso de sacarificación es enfriado a una temperatura entre 33°C y 35°C y se le agrega una enzima secundaria (glucoamilasa) para convertir las moléculas del almidón en azúcares fermentables (dextrosa). Las enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios químicos. Luego, se obtiene el etanol como producto de la fermentación producida por el agregado de levaduras del género *Saccharomyces Cerevisiae*. Al mosto sacarificado se le agrega levadura para fermentar los azúcares (cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono) y con ello se obtiene el etanol y el anhídrido carbónico. La fermentación se realiza por *batch*, demorando aproximadamente 60h para convertir la glucosa libre disponible en alcohol y lograr un grado alcohólico de entre 13.5% y 14%. En la fermentación, el etanol conserva mucha de la energía presente originalmente en el azúcar y, como consecuencia, es un excelente combustible.

El mosto fermentado es enviado a una columna destiladora, que realiza la separación del alcohol del resto de los componentes. En esta etapa del proceso se obtienen dos corrientes: Alcohol etílico comercial al 95% de pureza (que es enviado al parque de tanques) y vinaza pesada, formada por el material restante presente en el mosto fermentado (proteínas, lípidos, levaduras, celulosa, restos de almidón). Esta corriente es enviada al sector de centrifugación, donde se separan por fuerza centrífuga los sólidos insolubles de los sólidos solubles presentes en la vinaza pesada. Los sólidos insolubles están constituidos principalmente por las proteínas, lípidos, fibras que contiene el maíz y las levaduras (que se agregaron para la fermentación). Este producto obtenido con una humedad del 65% y 35% de sólidos es conocido como burlanda húmeda o DWG, el cual por medio de una cinta transportadora es enviado a un feedlot como suplemento dietario para el ganado. La corriente de sólidos solubles, constituida principalmente por restos almidón, glucosa no fermentada y sales presentes en el maíz, es utilizada en fertirriego, como alimento para ganado, o enviada a un bio digestor. A su vez, en el feedlot se genera biogás, que puede ser aprovechado como combustible en el proceso de cocción, cerrando el ciclo.

Finalmente, cabe destacar que el sistema es neutro en términos de emisiones de CO₂, puesto que el CO₂ que las plantas absorben durante su crecimiento será prácticamente el mismo al que emiten durante el proceso de fermentación. Por tanto, todo el CO₂ emitido en el uso energético de la biomasa no contribuye al incremento de su porcentaje en la atmósfera y al efecto invernadero.

Generación de bioetanol en la provincia de Córdoba

Actualmente en la provincia de Córdoba hay tres plantas productoras de bioetanol a gran escala. La empresa Bio4 se instaló en el año 2012 en Río Cuarto para construir una planta con una capacidad de elaboración de 80 millones de litros de etanol anuales. En 2013 la sociedad entre Aceitera General Deheza y Bunge invirtió en Promaíz, un complejo industrial ubicado en Alejandro Roca, departamento Juárez Celman (que se observa en la Figura 46), con una capacidad para producir 140 millones de litros de etanol por año. Meses después, en Villa María, la Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA) concretó la construcción de su planta (ACA Bio), con la intención inicial de proveer al mercado doméstico de 125 millones de litros.

Además, recientemente la empresa cordobesa PORTA Hnos. S.A. desarrolló las “MiniDest” que, como se pueden observar en la Figura 47, son pequeñas destilerías modulares, automáticas y de operación remota, para ser instaladas en establecimientos agropecuarios con la finalidad de producir etanol de maíz y alimento animal. Las MiniDest funcionan totalmente integradas a los procesos del campo, están ideadas para maximizar el resultado de los establecimientos agropecuarios, ya que permiten industrializar el maíz en su lugar de cosecha, obteniendo energía limpia y alimento animal de alto valor nutricional. Dichos establecimientos utilizan 40 toneladas de maíz/día, generando 15.000 l de etanol/día. El etanol producido es de 95 grados (no apto para uso alimenticio). Producen 40 ton/día de burlanda húmeda (27%MS) y 70.000 l/día de burlanda líquida (4% MS – suministrada vía bebederos), además de 0.37 litros de etanol por kg de maíz (MiniDest, s.f.).

Biocombustibles en Argentina: Matriz energética y legislación asociada

Si se analiza la matriz energética secundaria de Argentina del año 2019 (Tabla 6), se observa que el país presenta una alta dependencia de los hidrocarburos, que representan los porcentajes más elevados de oferta interna. Mientras tanto, los biocombustibles intervienen en aproximadamente en un 2%, el biodiesel con un 1.35% el bioetanol con un 0.72% de la oferta interna total.

Tabla 6.- Balance Energético Nacional de formas de energía secundarias durante el año 2019 (Secretaría de Energía, 2019).

Formas de energía	Oferta interna	
	[Miles de TEP]	[%]
Energía Eléctrica	11124	14.81
Gas Distribuido por Redes	35190	46.84
Gas de Refinería	1048	1.39
Gas Licuado	1692	2.25
Gasolina Natural	798	1.06
Otras Naftas	250	0.33
Motonafta Total	6176	8.22
Kerosene y Aeroerosene	624	0.83
Diesel Oil + Gas Oil	10598	14.11
Fuel Oil	1130	1.50
Carbón Residual	-	-
No Energético	2680	3.57
Gas de Coquería	78	0.10
Gas de Alto Horno	517	0.69
Coque	1384	1.84
Carbón de Leña	288	0.38
Bioetanol	539	0.72
Biodiesel	1012	1.35
Total	75128	100

Pese a los bajos porcentajes representados por los biocombustibles en la matriz energética del país, recientemente hay un notable incremento en la utilización de los mismos y una tendencia a la diversificación de fuentes de energía gracias a incentivos gubernamentales en Argentina. Entre las décadas de 1970 y 1980 se desarrolló el Programa Alconafta, creado para promover la utilización de alcohol etílico anhidro como combustible. Más recientemente, se estableció el Régimen de Regulación y Promoción de la Producción y Uso de Biocombustibles mediante la Ley N.º 26.093/06, donde se indica que todo combustible líquido caracterizado como nafta que se comercialice dentro del territorio deberá ser mezclado con bioetanol, en un porcentaje del 5% como mínimo. Dicha ley se encuentra reglamentada por el Decreto

109/07, que señala los requisitos de habilitación para realizar las actividades de producción, mezcla y comercialización de biocombustibles y el procedimiento para acceder a los beneficios fiscales. Luego, el Decreto 543/2016, incrementa el porcentaje de mezcla a 12% a partir del 1 de abril de 2016 y establece que el abastecimiento de bioetanol debe realizarse en forma equitativa, procurando alcanzar el 50% para el sector elaborador en base a caña de azúcar y el 50% para el correspondiente al de maíz. Este decreto tenía como fecha de vencimiento el 12 de mayo de 2021 y, de acuerdo al reciente Decreto 322, se prorrogó hasta el 12 de julio de 2021 o hasta que entre en vigencia un nuevo Marco Regulatorio de Biocombustibles, lo que ocurra primero.

Otras reglamentaciones relevantes en el área son la ley N.º 26.334/07, que establece un régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol (extiende beneficios de la Ley N.º 20.093 a productores de caña de azúcar, ingenios azucareros y productores de bioetanol), la Resolución 1283/06 que insta las especificaciones que deberán cumplir los combustibles que se comercialicen para consumo en el Territorio Nacional y la Resolución 1.295/08 que determina las especificaciones de calidad que deberá cumplir el bioetanol, de conformidad con el Decreto N.º 109/07, considerando las normas ASTM e IRAM, que se actualizarán automáticamente por las respectivas normas que las sustituyan o mejoren su precisión y sensibilidad en el caso de que corresponda.

Además, se puede mencionar la Resolución 25-E/17, que establece la creación del “Programa para la Promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), cuyo objetivo principal es incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa, crea el Proyecto TCP/ARG/3103, para mejorar las estimaciones en la oferta y la demanda de recursos biomásicos para energía y el Documento NAMA (Asociaciones Nacionales Apropriadas de Mitigación) dentro de la Estrategia Nacional en Cambio Climático para la Promoción de la Energía Derivada de Biomasa.

En la provincia de Córdoba, la Ley N.º 9.397/07 adhiere a la Ley Nacional N.º 26.093 y declara de interés público la promoción de la producción, procesamiento y uso sustentable de biocombustibles en el ámbito del territorio provincial.

Respecto a los precios del bioetanol en base a maíz, a principios del 2021 la Secretaría de Energía a través de la Resolución 11/2021 fijó los nuevos montos, que se encuentran vigentes a mayo del 2021. Los mismos se especifican en la Tabla 7,

generada en base a la Secretaría de Energía y Boletín Oficial. Se calcularon, como referencia, los precios en USD a partir del valor del dólar oficial el último día hábil de cada mes considerado.

Tabla 7.-Precios de adquisición de bioetanol de maíz y de caña de azúcar para su mezcla obligatoria con nafta. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2021)

Precios de adquisición de bioetanol de maíz y de caña de azúcar para su mezcla obligatoria con nafta						
	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21
Precio [ARS/litro]	32.79	43.60	47.80	48.70	49.60	51.13
Valor USD oficial el último día del mes considerado [ARS/USD]	89.87	92.8	95.12	97.74	98.90	99.05
Precio [USD/litro]	0.36	0.47	0.50	0.50	0.50	0.52
Aumento mensual [%]		33.00	9.60	1.90	1.80	3.10

El precio del bioetanol fijado para enero (43.60 ARS/litro) representa una mejora del 33% respecto del valor vigente en diciembre 2020 (32.79 ARS/litro). Además, el precio por litro establecido para el mes de mayo de 2021 es de 51.13 ARS/litro, evidenciándose así un aumento del 55,9% en el período diciembre 2020-mayo 2021. Si se analizan dichos valores en dólares estadounidenses, se obtiene un aumento del 41% en los precios desde diciembre 2020 a mayo 2021.

Contexto internacional en materia de biocombustibles

Brasil es el precursor en materia de biocombustibles a nivel latinoamericano; presenta una de las legislaciones más desarrolladas, que regulan la producción, uso, comercialización y régimen ambiental (Forero, 2010). A partir de la segunda crisis mundial petrolera (entre los años 1970 y 1975), se creó en el país el Programa PROALCOHOL, introduciendo al paso de la producción de cultivos con fines alimentarios a la producción de cultivos con fines energéticos y combustibles. Entre los años 2002 y 2005, se empezaron a producir vehículos *flex fuel*, capaces de funcionar con etanol puro o con mezcla. Desde el 2007, la gasolina sin bioetanol no se vende en el mercado brasileiro y actualmente el porcentaje de corte con etanol es del 27%.

Colombia es el segundo país latinoamericano más desarrollado productiva y normativamente hablando. Brinda exenciones tributarias para aquellos que prioricen el uso y producción de los biocombustibles y, en materia ambiental, se han dispuesto las reglas necesarias para garantizar el saneamiento del medio y el control de gases

de efecto invernadero. Pese a tanta rigurosidad, no se tipifican sanciones, ni se establecen infracciones como tal. Actualmente, el Decreto 4.892 requiere mezclas obligatorias para etanol entre 8% y 10%.

En Chile, la producción de biocombustibles es muy baja, al no contar con las condiciones climáticas apropiadas para el cultivo de todos aquellos insumos de mayor potencialidad para la producción de bioetanol. Como consecuencia, es uno de los países más atrasados en el tema, al igual que Venezuela, donde no se elaboraron normativas referidas a biocombustibles, rigiéndose por algunas leyes vigentes relacionadas, aplicadas por analogía (Forero, 2010).

En Estados Unidos entró en vigor el programa del Estándar de Combustible Renovable (RFS) en el año 2006, que estableció el primer mandato de volumen de combustible renovable en los Estados Unidos. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (EPA), en coordinación con el Departamento de Energía de EE. UU. (DOE), es responsable de promulgar regulaciones para garantizar que la gasolina vendida contenga un volumen mínimo de combustible renovable.

El objetivo para el año 2020 de la Unión Europea era que el 10% del combustible para el transporte en cada uno de sus países integrantes, sea producido a partir de fuentes renovables. Además, los productores de combustibles deberán reducir en un 6% la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación al año 2010.

En Alemania, la Ley de Cuotas de Biocombustibles establece un nivel mínimo de biocombustibles que se incrementó al 7% para 2020. En Bélgica, se establece a partir de 2020 que todas las compañías registradas de combustibles fósiles deben incorporar al menos 8,5% de bioetanol en promedio y se aplican sanciones cuando no se cumple el requisito. En Italia se estipula una mezcla de 10% para el año 2020, y el país cuenta con un Sistema nacional de certificación de sostenibilidad para biocombustibles. En Irlanda, entró en vigencia en 2010 el Plan de Obligación de Biocombustibles de Irlanda (BOS), para cumplir con el objetivo de mezcla del 10,5% en 2020. Además, los proveedores reciben un certificado por cada litro de biocombustible comercializado, y se emiten dos certificados si lo producen a partir de materiales como desechos biodegradables, residuos, material celulósico no alimentario, material lignocelulósico o algas.

En India, a partir de octubre de 2008, el nivel de mezcla de bioetanol es obligatorio. Hasta 2011, el 5% de la industria automotriz incluía la mezcla de etanol y combustible, y se propuso el objetivo de una mezcla de 20% de bioetanol para 2017.

Resumiendo, a nivel mundial hay un aumento de la demanda de biocombustibles, respaldada por diversas políticas públicas, entre ellas, normativas de mezcla obligatorias, impuestos preferenciales y subsidios. En algunos países, los aumentos de las normativas obligatorias y los sistemas de tributación diferenciales o los subsidios apuntalaron la demanda de biocombustibles e influyeron en la evolución de los precios. De acuerdo a las Perspectivas Agrícolas 2020-2029 realizadas por la OCDE-FAO, se espera que el consumo mundial de biocombustibles continúe en aumento, primordialmente en los países en vías de desarrollo, impulsados por porcentajes de mezcla más altos. Mientras que, en los países desarrollados, la expansión de los biocombustibles se verá limitada debido a la disminución de la demanda total de combustibles y a los reducidos incentivos de políticas.

En la Tabla 8 se puede observar la clasificación de la producción de biocombustibles y principales materias primas de los productores a nivel mundial. Argentina, en el año 2020, se encontraba en la posición 9 de la producción mundial, Estados Unidos en primera posición y Brasil en segundo. A su vez, las principales materias primas utilizadas son maíz, melaza y caña de azúcar.

Tabla 8.- Clasificación de la producción de biocombustibles y principales materias primas (OCDE/FAO, 2020)

	Clasificación de la producción de etanol (período base)	Principales materias primas
Estados Unidos	1 (48.2%)	Maíz
Unión Europea	4 (4.1%)	Remolacha azucarera, trigo, maíz
Brasil	2 (26.2%)	Caña de azúcar, maíz
China	3 (8.1%)	Maíz, yuca
India	6 (2.1%)	Melaza
Canadá	7 (1.4%)	Maíz, trigo
Indonesia	21 (0.2%)	Melaza
Argentina	9 (0.9%)	Melaza, maíz
Tailandia	8 (1.4%)	Melaza, yuca
Colombia	13 (0.4%)	Caña de azúcar
Paraguay	14 (0.4%)	Caña de azúcar

Nota: Los números se refieren a la posición que los países ocupan en la clasificación de la producción mundial; los porcentajes se refieren a la cuota de producción de los países en el período base.

Los precios mundiales de los biocombustibles están estrechamente vinculados con la evolución de los precios de las materias primas (que en su mayoría están disminuyendo en términos reales), los precios del petróleo crudo (constantes en términos reales) y los costos de distribución, así como con las políticas sobre biocombustibles. Se espera que durante el periodo 2020-2029 los precios internacionales de los biocombustibles aumenten en términos nominales, pero que permanezcan mayormente sin cambios en términos reales (OCDE/FAO, 2020).

Breves reflexiones finales

El campo del conocimiento de los biocombustibles y, específicamente, del bioetanol está en constante crecimiento e innovación. A la par, en la República Argentina y a nivel mundial se están generando incentivos gubernamentales (como leyes, programas de fomento, obligatoriedad de porcentajes de mezcla, subsidios) que animan a la utilización y generación de biocombustibles, aumentando a su vez la necesidad de nuevos desarrollos tecnológicos e inversiones. Esto, sumado a que gracias a las características productivas y agroclimáticas de región pampeana del país se produce maíz con altos rendimientos, permite concluir que resulta conveniente la generación de bioetanol a partir de maíz en dicha zona. Ello logra una diversificación en la matriz energética, actualmente dependiente de los combustibles fósiles, y tiene potencial de mitigar el cambio climático, contribuir al desarrollo social y económico, favorecer al acceso a la energía y a la seguridad del suministro de energía, entre otros beneficios.

Finalmente, el análisis del estudio del estado del arte de la energía producida a través de la biomasa permite sentar las bases de la producción e implementación de dicha energía en distintas zonas y contribuir para una eficiente toma de decisiones en el área.

BIBLIOGRAFÍA

Bolsa de Comercio de Rosario. (2020). *Informativo Semanal: Mercados*. Rosario, Argentina.

Bolsa de Comercio de Rosario. (08 de Enero de 2021). Obtenido de <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/esperado#:~:text=Esperado%20alivio%3A%20finalmente%20mejor>

aron%20los%20precios%20del%20biodiesel%20y%20el%20bioetanol,-
Descargar&text=Seg%C3%BA

FAO. (2013). *La Bioenergía en América Latina y El Caribe: El estado de arte en países seleccionados*. Santiago, Chile.

Forero, A. C. (2010). *Biocombustibles en Suramérica: Referentes normativos y legislación actual*. Prolegómenos.

Fulginiti, F. (2018). *Apuntes de clase de Ingeniería Ambiental II, FCEFyN - Universidad Nacional de Córdoba*. Córdoba, Argentina.

Martinez, J. (2016). *Estudio del interés agronómico de los cereales para la obtención de biocombustibles*. Valencia, Argentina.

MiniDest. (s.f.). Recuperado el Mayo de 2021, de <http://www.minidest.com.ar/>

OCDE/FAO. (2020). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas, Estadísticas de la OCDE sobre Agricultura (base de datos)*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>

PROMAIZ. (s.f.). Recuperado el Mayo de 2021, de <http://www.promaiz.com.ar/>

Secretaría de Energía. (2019). *Balances energéticos*. Recuperado el 2021, de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/balances-energeticos>

Subsecretaría de Programación Microeconómica. (2018). *Informes de Cadenas de valor: Azucarera - Junio 2018*.

Subsecretaría de Programación Microeconómica. (2019). *Informes de Cadenas de Valor: Maiz - Febrero 2019*.