

PROVINCIA DE SANTA FE
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE DESARROLLO DE BIORREFINERÍAS EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

LAS BIORREFINERÍAS EN LA AGENDA DE DESARROLLO DE
SANTA FE: OPORTUNIDADES Y TEMAS PARA UNA POLÍTICA
PROVINCIAL EN QUÍMICA VERDE

INFORME FINAL

ABRIL 2023

Fabián Orjuela

Silvina Papagno

Diego Roger

INNOVA-T

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

INTRODUCCIÓN	13
Definición del problema	13
Recorrido del documento	13
Alcance del trabajo	14
Metodología	14
CAPÍTULO I. BIOECONOMÍA, TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y BIORREFINERÍAS	15
I.i. Contexto	15
I.i.i. Evolución y sistemas disipativos	15
I.i.ii. La transición ecológica y la transición energética	17
I.ii. Transición energética e impactos en la economía argentina	19
I.ii.i. Transición energética	19
I.ii.ii. Transición energética y desafíos para Argentina	26
I. iii. La química verde en la transición y las biorrefinerías como núcleo tecnológico del nuevo paradigma productivo	29
I.iii.i. La bioeconomía	29
I.iii.ii. Refinerías y biorrefinerías	30
I.iii.iii. El cambio técnico y la oportunidad ante la emergencia de un nuevo paradigma	31
I.iii.iv. Las biorrefinerías: ¿oportunidad emergente o tecnología madura?	37
CAPÍTULO II. LA GEOGRAFÍA ECONÓMICA DE SANTA FE DESDE LA PERSPECTIVA DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	38
II.i Características generales	38
II.ii El sistema energético santafesino	42
II.ii.i Fuentes de energía	43
II.ii.ii Oferta de energía	43
II.ii.iii Centros de transformación	44
II.ii.iv Consumo de energía	44
II.iii Abastecimiento de energía según fuente	46
II.iii.i Gas Natural	46
II.iii.ii Gasoductos	46
II.iii.iii Derivados de Petróleo (naftas; gasoil; fueloil)	52
II.iii.iv Energía Eléctrica	53
II.iii.v Centrales de generación eléctrica	54
II.iii.vi Red de transporte eléctrico	57

II.iii.vii Biocombustibles	59
II.iv. Consumo de energía en la provincia de Santa Fe	63
ii.iv.i Consumo Final de Energías Primarias y Secundarias por Sector	63
Consumo industrial	65
II.v El complejo bioeconómico	70
II.v.i Delimitaciones geográficas. Las Regiones	70
II.v.ii Principales sectores productivos	73
Oleaginosas: soja	74
Configuración territorial	75
Cereales: trigo y maíz	78
Configuración territorial	78
Cadena del maíz	79
Ganadería	81
Ganadero bovino-Configuración territorial	81
Lácteos- Configuración territorial	82
Cuencas lecheras	83
Metalmecánica	85
Siderurgia-Configuración territorial	86
Petroquímica – plástica	87
Hidrocarburos: Refinación	87
II.v.iii Participación en el VAB provincial de las cadenas exportaciones de Santa Fe	88
II.vi Bioeconomía	89
II.vi.i Biocombustibles	91
II.vi.ii Bioetanol	92
II.vi.ii Biometano	93
<i>CAPÍTULO III. CAPACIDADES INDUSTRIALES, TECNOLÓGICAS Y CIENTÍFICAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA QUÍMICA VERDE Y BIORREFINERÍAS</i>	95
III.i La innovación, vector del proceso de cambio técnico	95
III.i.i Los modelos de la innovación y su impacto en el desarrollo económico	95
III.i.ii Nivel mezzo, el Sistema Nacional de Innovación	96
III.i.iii Nivel micro, la innovación en la firma	97
III.i.iv Innovación tecnológica como proceso interactivo y acumulación de capacidades	99

III.ii Capacidades científico-tecnológicas de santa fe en campo de la bioeconomía	104
III.ii.i El sistema científico-tecnológico de la provincia de Santa Fe	104
III.ii.ii Plan Estratégico Provincial de Ciencia, Tecnología e Innovación	126
III.iii Capacidades industriales en bienes de capital	131
III.iii.i Bioeconomía	136
III.iii.ii Energía Eléctrica y equipos auxiliares	138
III.iii.iii Energías Renovables	139
III.iii.iv Estructuras, insumos periféricos, partes	140
III.iii.v Frío, calor, tratamiento de aguas y efluentes	141
III.iii.vi Nuclear térmica	143
III.iii.vii Petróleo, Gas, Química y Minería	144
III.iii.viii Plantas llave en mano	145
III.iii.ix Servicios	147
III.iv El sector de bienes de capital como vector de captura de valor local	148
III.v Capacidades tecnológicas para el desarrollo del sector de biorrefinerías	149
<i>IV. ALGUNOS RECURSOS POTENCIALES PARA LA BIOECONOMÍA EN SANTA FE Y DRIVERS DE SU EVOLUCIÓN</i>	<i>151</i>
IV.i Recursos biomásicos	151
IV.i.i Biomasa	151
IV.i.ii Cuencas de biogas	154
IV.iii Drivers de la evolución de la bioeconomía	158
Fuerzas Impulsoras	161
<i>CAPÍTULO V LAS BIORREFINERÍAS EN LA TRANSICIÓN DE LA PETROQUÍMICA A LA QUÍMICA VERDE</i>	<i>164</i>
V.i Antecedentes	164
V.ii Las biorrefinerías	165
V.ii.i Clasificación de las biorrefinerías	166
Biorrefinerías de primera generación	166
Biorrefinerías de segunda generación	167
Biorrefinerías de tercera generación	167
V.ii.ii Elementos estructurales	168
V.ii.iii Rutas de las biorrefinerías	169

V.iii Casos industriales	170
V.iii.i bioetanol de primera a tercera generación	170
V.iii.ii Biopolímeros	175
Ácido Poliláctico (PLA)	176
Polihidroxicanoatos (PHA)	179
V.iv Bloques de construcción bioquímicos	182
V.iv.i introducción	182
V.v Biorrefinerías de microalgas: tercera generación	192
V.v.i Producción de microalgas	192
V.v.ii Producción de espirulina	193
V.v.iii Cosméticos	193
V.v.iv Producción de biofertilizantes	194
<i>CAPÍTULO VI OPORTUNIDADES DESDE LA QUÍMICA VERDE PARA SANTA FE</i>	<i>195</i>
VI.i Introducción	195
VI.ii Santa Fe y las ventajas competitivas	196
Condiciones de los factores	196
El “diamante” de la competitividad	198
El papel de la casualidad	201
El papel de los gobiernos	202
VI.iii Biocombustibles, punto de partida	207
VI.iii.i Argentina en el entorno competitivo de la cadena de soja	210
VI.iii.ii Argentina en el entorno competitivo de la cadena oleoquímica	218
Estrategia estructura y rivalidad de las empresas	219
Condiciones de los factores	220
Condiciones de la demanda	221
Sectores conexos y de apoyo	222
VI.iv La Oleoquímica	222
VI.iv.i Glicerol: propiedades y producción	223
Aplicaciones comerciales tradicionales	224
Producción	226
Mercado	228
VI.iv.ii El glicerol en Argentina	230

Glicerina refinada	230
Bioglicol	231
VI.iv.iii Rutas químicas desde el glicerol	232
Reformado	232
Reducción selectiva	233
Cloración	233
Deshidratación	233
Deshidratación a acroleína	234
Eterificación	235
Esterificación	236
VI.iv.iv Síntesis	236
<i>CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y AGENDA EMERGENTE</i>	238
VII.i Conclusiones	238
VII.i.i El recorrido del trabajo	238
VII.ii La agenda emergente	242
VII.iii El corto y mediano plazo	243
<i>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</i>	245
Bases de datos consultadas	252
Páginas web consultadas	252

Índice de Figuras

Figura I.i. Producto bruto mundial y consumo de energía	16
Figura I.ii. Consumo total mundial de energía por fuente.	23
Figura I.iii. Consumo mundial total de energía por uso final.	24
Figura I.iv. Producción de energía primaria total mundial por recurso.	25
Figura I.v. Producción de energía primaria en Argentina 1960-2021. En MTEP y proxy de consumo interno de energía.	28
Figura I.vi. Circuitos de la petroquímica y de la química verde.	31
Figura I.vii. Despliegue geográfico de las tecnologías a medida que se acercan a la madurez.	34
Figura I. viii. Cambios de los requisitos de ingreso según la fase de evolución de las tecnologías.	35
Figura I.ix. Cambio en el potencial de las tecnologías según la fase de evolución.	35
Fig. II.i. . Estructura general y principales de flujos energéticos del Balance Energético	42
Fig. II.ii. Estructura de la provisión de gas natural.	46
Fig. II.iii. Estructura de la provisión de derivados del petróleo	53
Fig. II.iv. Estructura de la generación de energía eléctrica	54
Fig. II.v. Generación eléctrica (Mwh) de la provincia de Santa Fe por tipo de fuente (2017-2022)	56
Fig. II.vi. Consumo final de energía por sector, provincia de Santa Fe. Año 2007.	64
Fig. II.vii. Consumo final de energías secundarias, provincia de Santa Fe. Año 2007.	65
Fig. II.viii. Consumo energético (ktep) del sector industrial según fuente, provincia de Santa Fe. Año 2007.	66
Fig. II.ix. Consumo energético (ktep) del sector transporte según fuente, provincia de Santa Fe. Año 2007.	68
Fig. II.x. Consumo energético (ktep) del sector residencial, comercial y público según fuente, provincia de Santa Fe. Año 2007.	69
Fig. II.xi Esquema de la cadena de la soja.	78
Fig. II.xii. Esquema de la cadena cerealera-trigo y maíz.	79
Fig. II.xiii. Esquema de la cadena -del maíz.	80
Fig. II.xiv Distribución Territorial de la producción de maquinaria agrícola	86

Fig. II.xv. Participación (%) en el VAB provincial de las cadenas de mayor peso, provincia de Santa Fe. Año 2018.	88
Figura III.i Modelo interactivo del proceso de innovación: modelo de relación en cadena.	100
Figura III.ii Innovación como proceso de acumulación de capacidades	103
Figura III.iii . Distribución sectorial de la inversión en I+D.	104
Figura III.iv. Distribución sectorial de investigadores/as.	106
Figura III.v. Ciclo de la bioeconomía.	133
Figura III.vi Aprovechamiento en cascada de la biomasa	133
Figura IV.i Cuenca de biogás potencial producto de producción porcina.	155
Figura IV.ii Cuenca de biogás potencial producto de producción bovina en feedlot.	156
Figura IV.iii Cuenca de biogás potencial producto de tambos.	157
Figura V.i Resumen de productos y compuestos químicos que se pueden obtener en una refinería tradicional a base de petróleo y en una biorrefinería	165
Figura V.ii. Tratamientos químicos, físicos y/o biológicos antes y después del uso de fermentación de biomasa para la producción de componentes con valor agregado.	166
Figura V. iii Clasificación de biorrefinerías en función de elementos estructurales.	168
Figura VI.i Diamante de la competitividad de Porter	199
Figura VI.ii. Trayectorias potenciales de la bioenergía de la biomasa al uso final.	208
Figura VI.iii Esquema de la cadena de valor de la soja.	211
Figura VI.iv Producción de biodiesel, aceite de soja, pellets de soja, exportaciones de aceite de soja, exportaciones de aceite de soja + biodiesel y uso de capacidad instalada de molinera de industria aceitera (en toneladas).	212
Figura VI.v. Exportaciones del complejo sojero por destino en millones de toneladas por año para 2020 (no incluye diciembre).	212
Figura VI.vi Exportaciones de aceite de soja por destino en millones de toneladas por año.	213
Figura VI.vii. Estructura del mercado mundial de aceite de soja.	214
FIGURA VI.viii Exportaciones porcentuales del complejo sojero para 2020 en toneladas (izquierda) y VALOR FOB (derecha) (no incluye diciembre).	216
Figura VI.ix. Importaciones de gasoil en TON (izquierda) y VALOR CIF (derecha) producción de bd para mercado interno en TON (izquierda) y divisas ahorradas en la importación de gasoil (derecha).	217

Figura VI.x. Mercado mundial de glicerol (volúmenes y uso industrial). 224

Índice de Tablas

Tabla II.i. Comparación Santa Fe vs. Total país en materia de energía.	45
Tabla II.ii. Detalle de las Centrales Térmicas de la provincia de Santa Fe.	55
Tabla II.iii Producción mensual promedio (m3) por empresa, provincia de Santa Fe. 2010-2021.	60
Tabla II.iv. Capacidad técnica de procesamiento (Tn/día) de granos por plantas productoras de aceite vegetal, provincia de Santa Fe. 2014.	62
Tabla II.v. Gas entregado a grandes usuarios Industriales por rama productiva (miles de m3 de 9300kcal, provincia de Santa Fe. Año 2014.	67
Tabla II.vi. Características de las regiones que componen la provincia de Santa Fe.	71
Tabla II.vii. Regiones que componen la provincia de Santa Fe.	73
Tabla II.viii. Superficie sembrada de soja por provincia. Año 2021.	77
Tabla II.ix. Detalle de las empresas siderúrgicas en la provincia de Santa Fe.	86
Tabla II.x. Evolución de la composición de las exportaciones por rubro, provincia de Santa Fe. 2003 –2019.	89
Tabla II.xi. Ventas totales y producción de biocombustibles (tn), provincia de Santa Fe. 2021-2022	91
Tabla II.xii. Ventas totales y producción de bioetanol (tn), provincia de Santa Fe. 2021-2022	93
Tabla III.i Cantidad de instituciones y empresas que realizaron actividades de I+D en Santa Fe.	106
Tabla III.ii .Listado de instituciones involucradas en actividades de I+D en Santa Fe	107
Tabla III.iii . Distribución de instituciones de CTI por localidad	128
Tabla III.iv. Distribución de equipos de CTI por localidad	130
Tabla III.v. Sectores y productos ligados a la bioeconomía en los que participa la industria nacional de bienes de capital	133
Tabla III.vi Distribución empresa por producto: Bioeconomía	136
Tabla III.vii: Distribución empresa por producto: Energía Eléctrica y equipos auxiliares	138
Tabla III.viii: Distribución empresa por productos: Energías Renovables	140

Tabla III.ix: Distribución empresa por producto: Estructuras, insumos periféricos, partes	
141	
Tabla III.x: Distribución empresa por producto: Frío, calor, tratamiento de aguas y efluentes	142
Tabla III.xi: Distribución empresa por producto: Nuclear térmica	143
Tabla III.xii: Distribución empresa por producto: Petróleo, Gas, Química y Minería	144
Tabla III.xiii: Distribución empresa por producto : Plantas llave en mano	146
Tabla III.xiv: Distribución empresa por producto :Servicios	147
Tabla IV.i. Oferta anual de biomasa por departamento, provincia de Santa Fe.	152
Tabla IV.ii. Balance de oferta-consumo de biomasa (tn) por departamento, provincia de Santa Fe.	152
Tabla IV.iii Fuerzas impulsoras	161
Tabla. V.i Rutas de biorrefinerías disponibles en escala comercial.	169
Tabla V.ii Biorrefinerías de etanol por tipo de generación.	170
Tabla V.iii. Biorrefinerías de ácido poliláctico.	176
Tabla V. iv Biorrefinerías polihidroxicanoatos.	179
Tabla V. v Biorrefinerías de ácido furandicarboxílico (FDCA).	183
Tabla V.vi. Biorrefinerías de ácido levulínico (LVA).	185
Tabla V.vii Biorrefinerías de hidroxibutirolactona (3-hp).	187
Tabla V.viii. Biorrefinerías de ácido succínico.	189
Tabla V.ix. Biorrefinerías de bio-isobutanos.	190
Tabla VI.i Etapas de la competitividad	204

Índice de Mapas

Mapa II.i. Distribución geográfica de la producción de bioetanol (m3), provincia de Santa Fe 2010-2022.	39
Mapa II.ii. Red Troncal de Gasoductos	47
Mapa II.iii. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe	48
Mapa II.iv. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Camilo Aldao - San Jerónimo	49

Mapa II.v. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Monteleña - San Jerónimo	49
Mapa II.vi. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Camilo Aldao - San Jerónimo	50
Mapa II.vii Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramos Aldao–Aldea Brasileira y San Jerónimo-Aldao	51
Mapa II.viii. Centrales de generación eléctrica en la provincia de Santa Fe	55
Mapa II.ix. Red de líneas de transporte AT/MT eléctrica de SF.	58
Mapa II.x. Distribución geográfica de la producción de biodiesel (m3), provincia de Santa Fe 2010-2021.	59
Mapa II.xi. Distribución geográfica de la producción de bioetanol (m3), provincia de Santa Fe 2010-2022.	61
Mapa II.xii. Distribución geográfica de las plantas refinadoras de aceite vegetal, provincia de Santa Fe.	62
Mapa II.xiii Localización de la producción de soja y establecimientos industriales. Promedio 2016-2018.	76
Mapa II.xiv Localización de la producción de maíz y establecimientos industriales. Promedio 2014-2018.	81
Mapa II.xv. Distribución espacial de la producción láctea	83
Mapa II.xvi. Distribución de las cuencas lecheras.	84
Mapa III.i . Distribución de Instituciones de CTI por tipo	128
Mapa III.ii . Distribución de equipos de CTI por tipo	130
Mapa III.iii. Distribución de empresas productoras de bienes de capital por sector- Provincia de Santa Fe.	135
Mapa III.iv Distribución empresa por producto: Bioeconomía	136
Mapa III.v Distribución empresa por producto: Energía Eléctrica y equipos auxiliares	138
Mapa III.vi Distribución empresa por productos: Energías Renovables	139
Mapa III.vii Distribución empresa por producto: Estructuras, insumos periféricos, partes	141
Mapa III.viii Distribución empresa por producto: Frío, calor, tratamiento de aguas y efluentes	141
Mapa III.ix Distribución empresa por producto: Nuclear térmica	143
Mapa III.x Distribución empresa por producto: Petróleo, Gas, Química y Minería	144

Mapa III.xi Distribución empresa por producto: Plantas llave en mano	146
Mapa III.xii Distribución empresa por producto: Servicios	147
Mapa IV.i. Oferta de biomasa (kg/km ²) por departamento, provincia de Santa Fe.	151
Mapa IV.ii. Balance de oferta-consumo de biomasa (tn) por departamento, provincia de Santa Fe.	153

INTRODUCCIÓN

Definición del problema

El presente trabajo busca realizar un aporte inicial para el desarrollo de una parte de la agenda de la bioeconomía en la provincia de Santa Fe, en concreto en el campo de las biorrefinerías, entendidas estas como basamento fundamental en la transición de la industria química hacia un futuro bajo en emisiones de CO₂. Para ello, se buscará caracterizar el punto de partida del campo general en el cual se insertan las mismas para la provincia, e intentar caracterizar la ocurrencia o no de una oportunidad para la provincia en la temática.

En tal sentido, se asume que avanzar en el desarrollo de las biorrefinerías en la provincia implica mayor desarrollo para la misma, y se entiende a éste como un proceso de acumulación de capacidades que permiten capturar diversas y cambiantes ventanas de oportunidad relacionados con el proceso de cambio tecnológico mundial (Pérez, 2001, 2003). Así entonces, identificar si existe una oportunidad en dicha temática para la provincia, requiere una tarea múltiple, que se refleja en la estructura del trabajo.

Recorrido del documento

Para realizar la tarea propuesta entonces, en primer lugar, se procede a encuadrar la temática dentro del espacio de la transición energética entendida como un proceso de cambio tecnológico determinado por la lógica del proceso global de la economía mundo. Así, se parte de la relación entre sociedad y energía, para luego comprender la especificidad de la transición energética, y de esa manera, articular la temática de las biorrefinerías en el problema general de la transición energética.

El siguiente paso consiste en caracterizar la geografía económica de la provincia desde la perspectiva de la problemática del sistema definido. Si bien el *racconto* necesariamente excede el núcleo de la temática, permite sentar las bases del sistema en el cual funciona toda la economía provincial, y que oficia del estado del arte respecto de la transición energética y productiva, pero también de las capacidades en dichos ámbitos. Al respecto se espera que el capítulo sirva de base para futuros trabajos sugeridos en las conclusiones.

El tercer capítulo suma una revisión del complejo científico tecnológico de la provincia, en cuanto reservorio de capacidades disponibles tanto para el diseño de políticas, como para el saber hacer del complejo productivo industrial de la provincia.

Vale recordar que la posibilidad de aprovechar ventanas de oportunidad de desarrollo, sobre todo en instancias iniciales de los ciclos de vida de las tecnologías, depende de manera directa de las capacidades industriales, tecnológicas y científicas existentes.

El cuarto apartado aborda dos cuestiones; por un lado, revisa recursos potenciales para el despliegue de la bioeconomía en la provincia. Por el otro, se trata de identificar los fundamentos que explican la evolución de la misma en las décadas venideras.

Siguiendo con tal lógica, en el quinto apartado se trabaja sobre los fundamentos del pasaje de las refinerías a las biorrefinerías. Se trata así de identificar algunos de los posibles abordajes a la temática poniendo de relieve tecnologías y procesos en el contexto de los fundamentos de la química implicada.

Luego de tal recorrido, en el sexto capítulo se busca anclar la temática en la realidad provincial, haciendo foco en el complejo de biodiesel y sus derivados, punta de lanza provincial de la bioeconomía y la química verde. Al respecto se caracterizan algunas posibles alternativas de nuevos desarrollos que parten de la glicerina y su mercado.

Finalmente, en las conclusiones se realiza una puesta en valor de los principales hallazgos para sugerir una agenda de trabajo a futuro. Cabe señalar que se entiende a este trabajo como un esfuerzo seminal, por lo cual no ha parecido prudente avanzar más allá de lineamientos generales, salvo en la recomendación general, que, por el estado del arte, exige acciones en el corto plazo.

Alcance del trabajo

El trabajo se ha propuesto realizar un abordaje general de la temática y la provincia, lo cual de manera necesaria limita su profundidad. Por ende, se trata de una primera aproximación a la constitución de un enfoque metodológico para abordar el tema y construir recomendaciones.

Metodología

El trabajo se ha apoyado en el relevamiento de fuentes primarias y secundarias, revisándose diversos archivos y bases de datos para dar con la información necesaria. Se ha trabajado también con algunos informantes clave, en particular de las cadenas de bienes de capital, energética y productivas.

CAPÍTULO I. BIOECONOMÍA, TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y BIORREFINERÍAS

El objetivo del presente capítulo es describir el contexto general de los procesos de largo aliento en los cuales se inserta la emergencia de la bioeconomía y, dentro de ella, el lugar de las biorrefinerías. Para ello se describirá de manera sucinta el rol del sistema energético en el proceso de reproducción social, los lineamientos generales que han marcado su evolución en los últimos siglos, y su imbricación con el proceso de cambio tecnológico general que constituye el motor de la transformación de la sociedad capitalista.

Los procesos de transformación en el sistema energético y sus subsistemas relacionados tales como los atravesamos en la actualidad implican décadas de transformaciones, pero configuran en sus momentos iniciales oportunidades inéditas de ocurrencia secular que tienen el potencial de transformar la realidad de los países que identifiquen la oportunidad. Se trata entonces en el presente capítulo, de describir el contexto general de dicha transformación para aprehender en los capítulos siguientes, la escala de las transformaciones que se avecinan y el punto de partida de las mismas, todo ello en pos de identificar las mejores alternativas para la provincia para una agenda de aprovechamiento de las oportunidades que ello implica.

I.i. Contexto

I.i.i. Evolución y sistemas disipativos

Desde la aparición del homo sapiens y la cultura, y su elemento quizás más distintivo, la tecnología, no hemos dejado como especie de modificar el entorno en el cual nos desenvolvemos. Primero en escalas locales, luego regionales, y a partir de la Revolución Industrial, ya a escala global, al punto que nuestra actividad tiene incidencia en la biosfera al completo.

Este comportamiento, que suele definirse en nuestra especie como depredador o autodestructivo a partir de las evidencias de cambio climático de origen antropocéntrico, no resulta diferente del comportamiento de la vida en general, tal como se ha reconocido a partir de la emergencia de termodinámica del no equilibrio, ya que la misma construye orden y complejidad a expensas de generar desorden en el entorno. Esto traducido en un enfoque sistémico puede enunciarse como que, la humanidad en cuanto sistema social, construye su complejidad

(proceso evolutivo) sobre la base materiales y energía del entorno, alterando por ende la mismo, en la línea de generación de mayor entropía.

Así pues, a cada nuevo estado estacionario evolutivo de la humanidad, han correspondido mayores niveles de consumos de materia y energía, que a su vez han permitido desarrollar mayores niveles de complejidad social, lo cuales se expresan en amplia división del trabajo, mayor bienestar, la aparición de tareas no productivas, entre otras. Así entonces, es imposible comprender cualquier sistema vivo -y entre ellos los sociales- sin comprender la relación que éste mantiene con el entorno, en términos de cómo se organizan los intercambios de materia y energía.

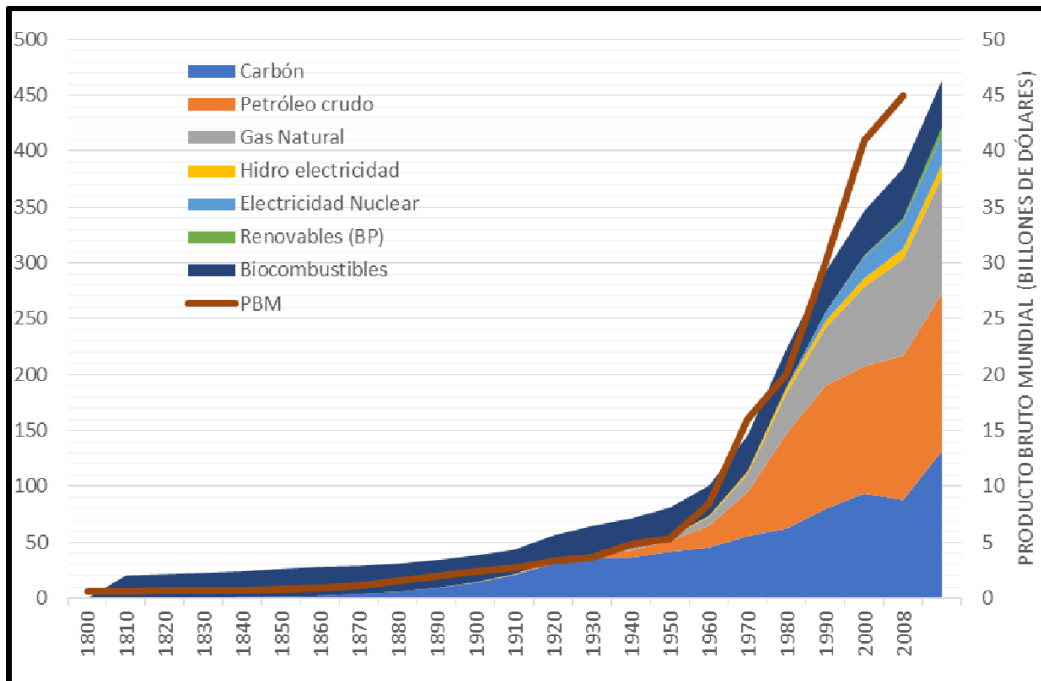


Figura 1.i. Producto bruto mundial y consumo de energía.¹

Fuente: elaboración propia en base a BP (2016), Smil (2013) y Maddison Project (2013).

En el caso de la humanidad, la relación con la energía se organiza en torno de regímenes energéticos, en tanto que la relación más general de orden productivo, se enlaza con los modos de reproducción social, o en términos sociológicos, con los modos de producción, que organizan los procesos de mediación social que sirven de soporte a la reproducción social. En el caso del régimen energético nuestra contemporaneidad se apoya en los combustibles

¹ PBM sobre base de datos de Maddison Project (2013). Consumo de energía, excepto renovables, Smil (2013); renovables según BP (2016). Un EJ equivale a aprox. 240.000 Tep

fósiles, en tanto que el modo de producción se organiza bajo la forma capitalista desde hace por lo menos cinco siglos.(Figura 1.i).

Pensar entonces un proceso de transformación en lo que a régimen energético hace, implica abordar un proceso de cambio dentro del contexto de la organización vigente de la producción, a la vez que exige pensar de manera simultánea, las tensiones generadas a partir de requerimientos de cambio exógenos al sistema, es decir, el proceso de cambio climático y la necesidad de realizar acciones de mitigación. Así entonces, queda definido el contorno general para abordar la problemática que actúa como conductor del proceso de cambio simultáneo en las formas de producción y del sistema energético.

1.i.ii. La transición ecológica y la transición energética

La incorporación de los combustibles fósiles dentro de los ciclos productivos de la humanidad a partir de la Revolución Industrial trajo como novedad, la posibilidad de incorporar en los mismos volúmenes energéticos superiores a los de cualquier momento histórico pretérito, aumentando de este modo de manera exponencial la productividad social en todos ámbitos productivos e industriales. ¿Cómo es posible esto? Básicamente, el incorporarse flujos de materia y energía por fuera del ciclo biológico en el cual se produce -por ejemplo trigo- vía fertilizantes químicos, plaguicidas y fuerza motriz de máquinas, se amplifica la capacidad productiva social por la vía de dicho “subsido energético”, que eleva la productividad a expensas de bajar el rendimiento termodinámico de la producción resultante.

En el mundo de la industria, la incorporación de fuerza motriz derivada de los combustibles fósiles por medio de máquinas térmicas, ha permitido transferir la enorme energía contenida en dichos combustibles a movimiento y éste a la producción, elevando de manera exponencial la capacidad productiva, lo cual se ha potenciado con el enorme impulso que tomó el cambio y mejora técnica a partir de la Revolución Industrial (RI). Pero la mejora tal como señalamos, no se detuvo en la producción industrial, sino que a través de sucesivas etapas transformó también la producción agrícola, cuyo punto de partida se toma de manera convencional - aunque no exento de discusiones (ver Allen, 2004)- lo que se conoció como el cercamiento y el inicio de la migración del campo a la ciudad en Inglaterra en el Siglo XVIII.

La evidencia más actual respecto de la transformación en el agro en Inglaterra muestra que un proceso de incremento de la producción y la productividad secular, se inició en tiempos tan tempranos como inicios del Siglo XVII. Y que dichas transformaciones se asocian más a innovaciones relacionadas con los modos de

producir y organizar la producción, lo cual en buena medida se correlaciona con el advenimiento del capitalismo y los cambios en incentivos y estructuras sociales que el mismo implicó.

Este periodo de expansión entonces (entre los siglos XVII y XIX), no se relacionó con los combustibles fósiles, pero en cierto modo sentó las bases para que la forma de trabajo en el agro resulte más receptiva a las innovaciones, a la vez que se beneficie primero de manera indirecta (con la mejora en el transporte por ejemplo, en canalizaciones por citar un ejemplo) y luego directa, con la introducción de los combustibles fósiles y sus derivados en las técnicas agroganaderas (Allen, 2004). Ya llegado el Siglo XIX, la expansión del uso de los combustibles fósiles permitió mejorar el transporte marítimo, y junto con la expansión del ferrocarril, permitió el transporte a grandes distancias y uso de fertilizantes como el salitre proveniente de Sudamérica.

El mismo tuvo un periodo de auge entre la segunda mitad del Siglo XIX y el primer cuarto del Siglo XX, cuando fue paulatinamente desplazado por las alternativas derivadas de los hidrocarburos y la química, que se empezaron a desarrollar a fines de la primera mitad del Siglo XIX, tales como los fertilizantes derivados de fosfatos. En el siglo XX, con la aparición del proceso Haber-Bosch, la producción de fertilizantes nitrogenados -y su uso en la agricultura- pasó a depender de manera absoluta de los combustibles fósiles, ya que la materia prima utilizada para proporcionar el hidrógeno (obtenido por reformado de vapor) necesario en la reacción es fundamentalmente el gas natural, y en menor medida el petróleo. Esta situación se profundizó con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial y, de manera exponencial con la llamada "Revolución Verde.

Esta última se trató de la introducción y difusión en el tercer mundo del paquete tecnológico impulsado por Estados Unidos a partir de 1960, que incluía utilización de semillas híbridas, extensión de la mecanización, uso masivo de pesticidas (muchos de ellos derivados directamente del petróleo) e irrigación, lo cual en conjunto elevó de manera notable el volumen de producción agrícola y su productividad. A ello se suma el establecimiento de flujos de alimentos cada vez más globales, absolutamente dependientes de los combustibles fósiles para el transporte, el envasado y la refrigeración, lo cual en la actualidad se ha desarrollado de manera plena con la concentración a nivel mundial del mercado de alimentos en un conjunto muy reducido de multinacionales.

Esta dinámica entonces, que ha transformada en sucesivas etapas a la agricultura desde la Revolución Industrial a la fecha, se choca en la actualidad con el imperativo de reducir emisiones -ligadas en lo fundamental a los diversos usos de los combustibles fósiles- para mitigar el proceso de cambio climático, a la vez que cambios de fondo en la forma de consumir, impulsan tendencias de vuelta a

prácticas basadas en enfoques lo más circulares posibles. Esto implica, desde el punto de vista de las prácticas agrícolas un doble desafío: por un lado, reducir el aporte externo de masa y energía, por el otro, “limpiar” el uso de fuerza motriz dentro del sector.

Es en éste punto donde nos encontramos, con lo que se ha dado en llamarse transición ecológica, la cual sería un eventual conjunto de cambios graduales e incrementales en los sistemas de producción y consumo, así como en las instituciones sociales y políticas y en las formas de vida y los valores de la población (que sustentan a aquellos), que llevase de la situación actual, demasiado costosa ambientalmente y llena en consecuencia de riesgos excesivos, a una situación futura ambientalmente sostenible, compatible con la capacidad de carga de la biósfera para mantener las actividades humanas; y todo ello sin alterar sustancialmente la organización de las actividades económicas (sin decrecer).

I.ii. Transición energética e impactos en la economía argentina

I.ii.i. Transición energética

A diferencia de otras transiciones energéticas acontecidas a lo largo de la historia, la actual, que tiene que realizar un recorrido desde una matriz con emisiones de gases de efecto invernadero a otra limpia, se realiza desafiando las tendencias históricas que mostraban adición de nuevas fuentes a las existentes y no reemplazo, además de una curva de rendimiento termodinámico que, de mínima, mantenían los valores vigentes al momento de iniciarse los cambios. A diferencia de ello, lo que está en juego en la actual transición es reemplazar un conjunto de fuentes energéticas por otras (fuentes fósiles por otras libres de emisiones, como renovables y nuclear) a la vez que, en casos como el de los países en vías de desarrollo, se busca mejorar el nivel de vida, lo cual a lo largo de la historia sólo se ha conseguido consumiendo más (cantidades absolutas y relativas) y mejor energía (de mayor densidad energética y rendimiento termodinámico).

Para entender esto es preciso recordar una ley, la segunda de la termodinámica, que señala que la entropía (el desorden de un sistema) tiende siempre a aumentar, sin que esto sea reversible, y que la vida, que parece marchar en dirección contraria, creando cada vez mayores niveles de orden y complejidad, sólo puede sostener este estado de cosas a expensas de generar mayor desorden en el entorno, y sobre la base de la disponibilidad de enormes cantidades de energía. Sobre esta base entonces, cobra sentido el desafío que implica el pasaje hacia un esquema energético basado en fuentes renovables, que para ser

gestionable requerirá de ingentes cantidades de almacenaje de energía, el concurso de algunas fuentes firmes, como la nuclear, y la disponibilidad de combustibles alternativos a los actuales.

Entonces, tal como es posible apreciar en las figuras I.ii, I.ii y , I.iv la actual transición -que se desarrollará en el orden de décadas- implica un desafío enorme, que implica gestionar múltiples cambios en múltiples sistemas, pero con el sistema energético como centro, acaso el más complejo e importante de ellos para la reproducción de la humanidad. En consecuencia, para comprender con mayor perspectiva de que se trata la transición precisemos que es la transición energética.

Una transición energética es un proceso de cambio del orden de décadas que implica el pasaje de un régimen energético a otro. Este último puede ser definido como una específica formación histórica en la cual el modo en que se produce distribuye y consume energía es parte indisoluble de su entramado socio económico tecnológico político, donde la dirección del cambio de la transición no resulta neutra, pues en esa configuración existen relaciones de poder y de fuerza entre diferentes actores que conforman una distribución de costos y beneficios para naciones y personas (Roger, 2015). En tal sentido entonces, una transición energética puede ser definida como un cambio estructural, cuyo sentido (progresivo o regresivo) dependerá de las políticas que adopte cada país para su gestión.

En lo que respecta a la actual transición, se trata del pasaje de un sistema social que se apoya para su reproducción en el uso de combustibles fósiles, la producción de altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y elevadas pero decrecientes Tasas de Retorno Energético (TRE), a otro bajo en emisiones de GEI y menores TRE (pero crecientes para algunas tecnologías). Todo ello implica un proceso de cambio simultáneo de las esferas tecno-económica, socio-técnica y política, y en términos globales, la amenaza de una potencial caída de la productividad social.

Si bien el proceso se origina en grandes tendencias de orden mundial, en lo que hace a la singularidad de recursos naturales, capacidades industrial-tecnológica-científicas y sistema energético de cada país; requiere de hojas de ruta a medida, si lo que se pretende es aprovechar la ventana de oportunidad para el desarrollo que la misma implica. En tal sentido, la agenda de ciencia, tecnología e innovación, y su vinculación y sincronía con las políticas energéticas, industriales y de financiamiento, constituyen el hilo invisible de cualquier transición que implique al desarrollo y la sostenibilidad.

Considerada en tanto revolución tecnológica en curso, la transición energética representa una ventana de oportunidad para el desarrollo² de los países de menor desarrollo relativo que sepan identificar sus necesidades, recursos, capacidades y restricciones, actuando en consecuencia sobre la base de una hoja de ruta nacional. Bajo esta condición, la implementación de un sendero de transición energética acorde a la realidad del país, puede constituirse en un vector para la expansión de la economía nacional, el cual tiene como premisa la maximización de capacidades industrial-tecnológicas nacionales que optimicen la creación de empleo de calidad orientando la búsqueda hacia los sectores de alto valor agregado en los eslabones de servicios basados en el conocimiento, el desarrollo de tecnologías núcleo, paquetes tecnológicos e infraestructuras para la transición.

En términos de visibilidad, el aspecto más difundido de la transición energética abarca la diversificación de la matriz de producción de energía y de sus usos finales, pero no se agota en ello en modo alguno. El cambio en la geografía económica de los recursos energéticos, la mutación en los sistemas de suministros de insumos químico industriales, la desconcentración de la producción de energía, el cambio de enfoque de la arquitectura y la urbanística -derivados de la emergencia de nuevos modos de consumo energético- son sólo algunos de otros aspectos de la transición energética pero que en modo alguno la agotan.

Ello comporta en lo que hace a las transiciones nacionales, la necesidad de sincronizar de manera más precisa las políticas de los sectores energético, industriales, productivas y de ciencia y tecnología, todo ello en el marco de una hoja de ruta nacional que permita definir el sendero de cada subsector y los requerimientos de política resultantes. Entre los elementos a coordinar, se encuentran la gestión de las actividades de I+D+i, el proceso de difusión de tecnologías, las capacidades industriales, la infraestructura y la oferta y demanda de energía, los modos de regulación del consumo, las hojas de ruta del abandono de tecnologías y las de adopción de otras de reemplazo.

Regresando a la transición como proceso global, en las figuras I.ii, I.iii y i.iv se pueden apreciar diferentes escenarios de transición en cuando a sus aspectos, en la visión de Shell para dicho proceso, sobre las base de su "Sky scenario". La figura I.ii muestra la evolución esperada del consumo de energía por fuente, donde los hechos más relevantes que se pueden apreciar son el crecimiento de la electricidad, la aparición de un nuevo portador de energía, el hidrógeno, y el lento declino pero persistencia de los combustibles fósiles.

La figura I.iii muestra el consumo total de energía por uso final, es decir lo modeliza del lado de la demanda, pudiendo apreciarse importantes incrementos en

² Ver Carlota Pérez 2001 y 2004; Roger, 2015.

el transporte, usos no energéticos, servicios y agricultura y otras industrias. Finalmente, la figura I.iv, ilustra la evolución de la oferta de energía primaria, donde las energías renovables constituyen la principal novedad recae en la energía solar, la eólica y la nuclear, en tanto que se amplían otras ofertas que hoy son marginales como biocombustibles, biomasa gasificada o geotérmica.

A modo de resumen, teniendo en cuenta que el ejercicio abarca hasta 2100, se puede apreciar que existe un amplio recorrido aún para los combustibles fósiles, y que el proceso de despegue de las energías renovables será lento y deberá superar grandes obstáculos como el reemplazo de usos no energéticos de los hidrocarburos, la descarbonización del transporte, y el reemplazo de hidrocarburos para la provisión de calor de proceso. Asimismo, cabe destacar que, será preciso superar el obstáculo de la intermitencia, lo cual obligará a grandes inversiones en infraestructuras de transporte y almacenaje, y a cierto grado de sobredimensionamiento de la oferta de generación de energía.



CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES



UVT de CONICET



Santa Fe

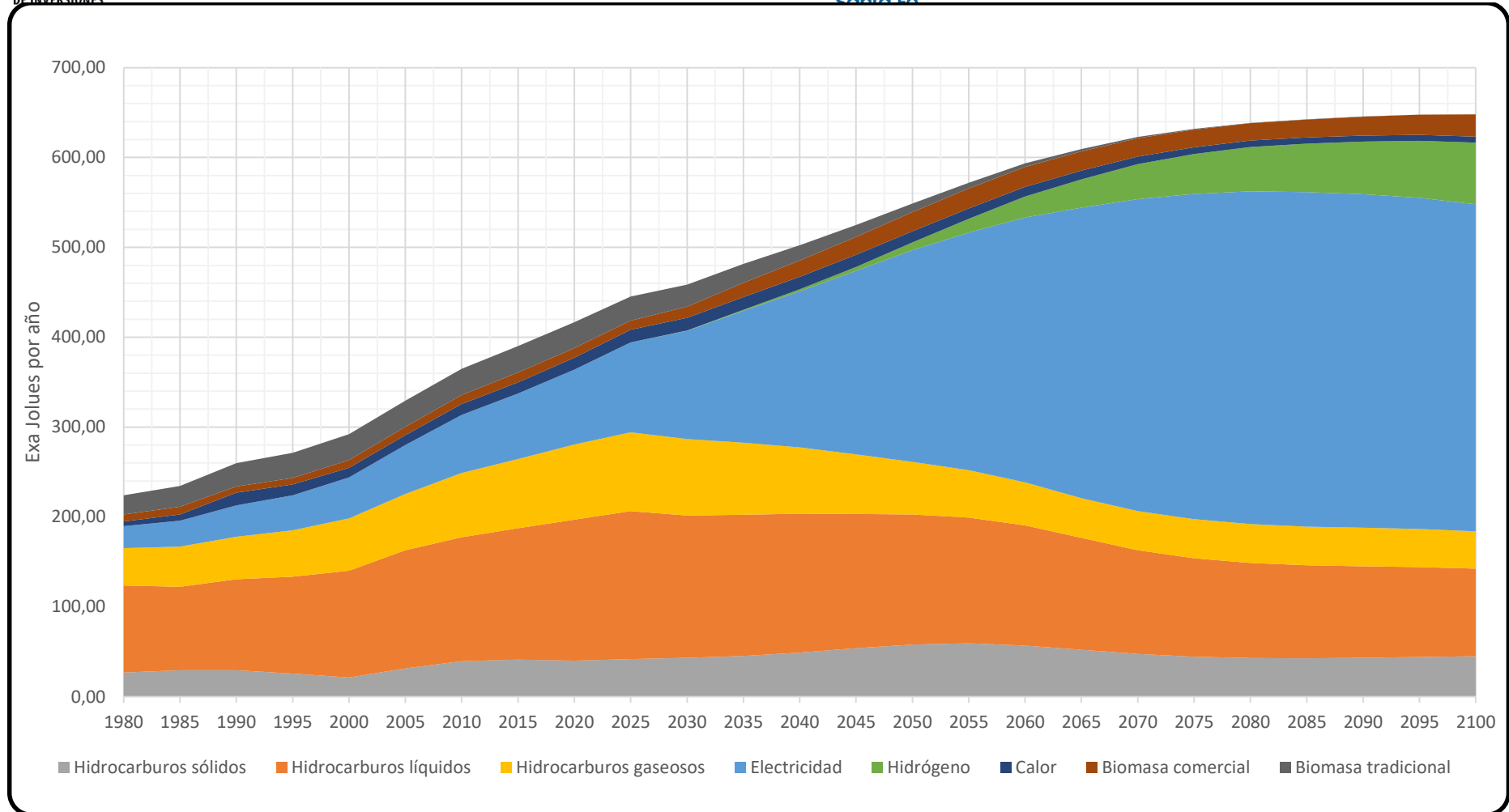


Figura I.ii. Consumo total mundial de energía por fuente.

Fuente: Elaboración propia en base a *Escenarios Sky* de Shell, 2019.

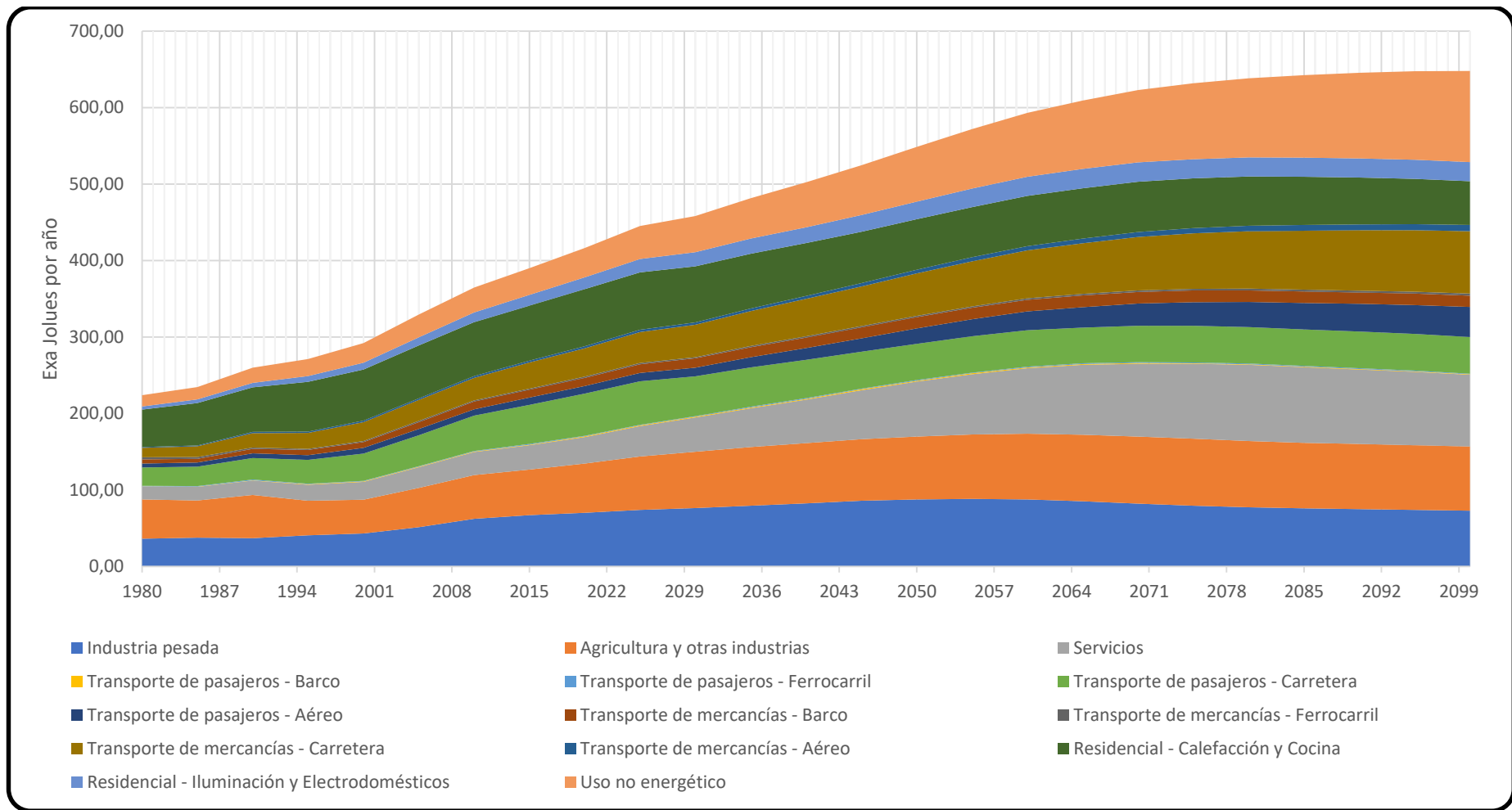


Figura I.iii. Consumo mundial total de energía por uso final.

Fuente: Elaboración propia en base a *Escenarios Sky* de Shell, 2019.

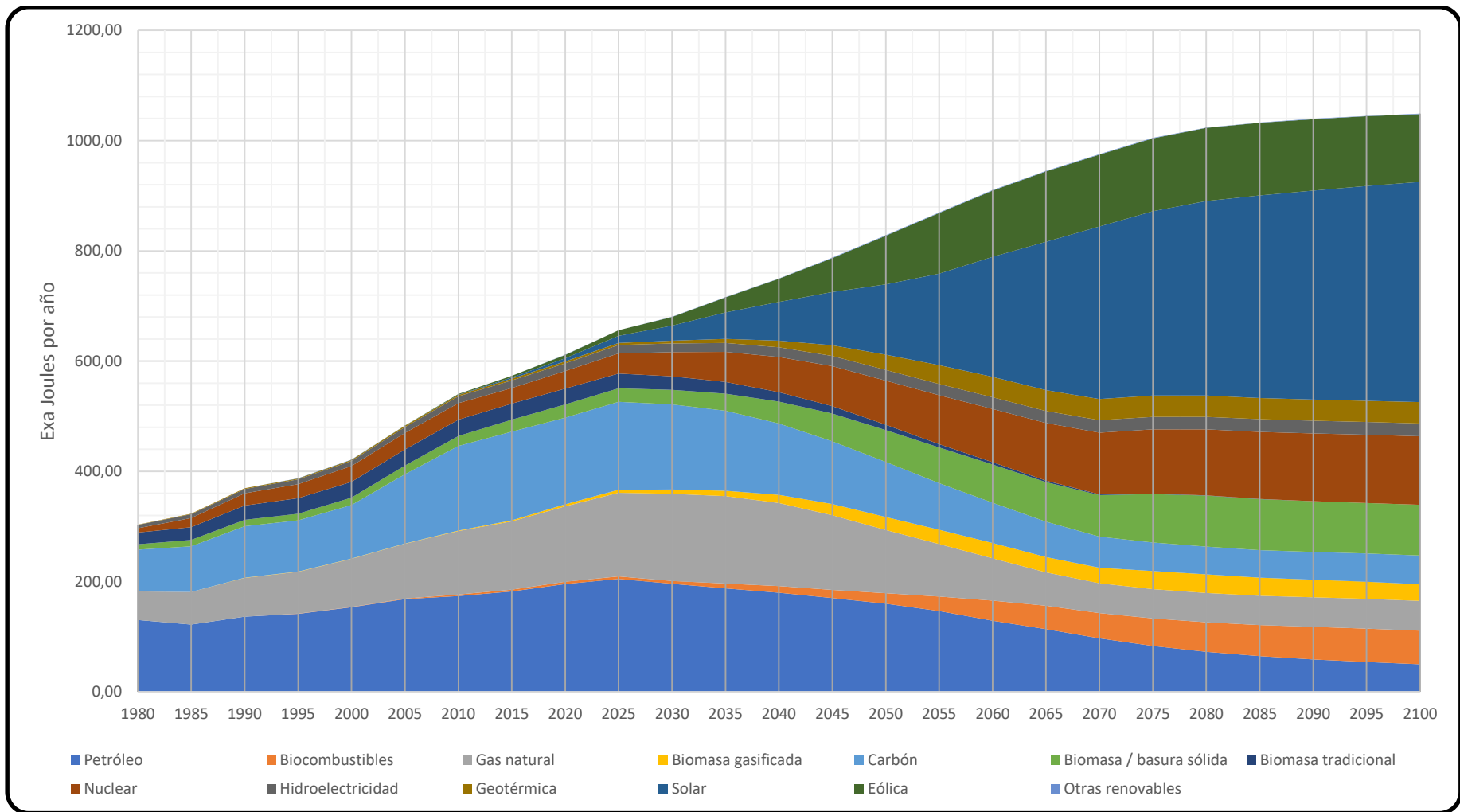


Figura I.iv. Producción de energía primaria total mundial por recurso.

Fuente: Elaboración propia en base a *Escenarios Sky* de Shell, 2019.



CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES



UNIV de CONICET



Santa Fe
Provincia

La transición energética y desafíos para Argentina

Tal como se puede deducir de las figuras precedentes, y teniendo en cuenta el punto de partida de Argentina (figura I.v), es de esperar que se deban resolver grandes desafíos para la transición energética nacional, y para superar los desafíos mundiales de ella derivados. Las principales cuestiones que enfrentar se pueden resumir en:

a) El desafío del escalado y generación de capacidades tecnológicas e industriales locales para la generación de desarrollo nacional asociado a la transición;

Realizar la transición energética hacia fuentes de energía renovables y/o sin emisiones de GEI implica la transformación de todo el sistema energético y buena parte del productivo. Respecto de lo primero, se requiere la instalación de nuevas fuentes de energía libres de emisiones, el despliegue de paquetes tecnológicos para la electrificación y el almacenaje de energía y el desarrollo de nuevas infraestructuras.

Todo ello conlleva una alta intensidad industrial tecnológica, que de no aprovecharse, escalarse y desarrollarse las capacidades locales, implica un proceso de primarización sin parangón para el país, a la vez que la oportunidad del siglo perdida para dar un impulso sin igual a la industrialización del país, y por ende, el desaprovechamiento de la creación de millones de puestos de trabajo genuinos. Si se acepta el actual reparto de división del trabajo en el mundo, es poco probable que la transición implique desarrollo para el país, motivo por el cual se torna esencial que se diseñen y lleven adelante políticas industriales y tecnológicas que garanticen el escalado de las capacidades necesarias para impulsar desarrollo, y garantizar seguridad en el suministro y uso de los equipos clave del sistema energético.

b) Las superación de las barreras al comercio que implicarán las medidas de los países desarrollados contra las emisiones de GEI de la producción exportable;

La progresiva implementación a nivel mundial de medidas de mitigación será acompañada -tal como se está anticipando en algunas medidas en Europa- de barreras a las exportaciones de países con altas emisiones, o al menos, que se los señale como responsables de no cumplir los compromisos de descarbonización y/o los estándares fijados por los compradores. Esto implica un gran desafío que, entre otras cosas, implica la necesidad de poder certificar la huella de carbono de las exportaciones del país, bajar dicha huella en las mismas, y articular un conjunto de políticas entre jurisdicciones (nación, provincias, municipios), tanto a nivel vertical

como horizontal, entre diferentes ministerios, y entre diferentes actores, a fin de desarrollar e implementar las políticas y acciones para el citado propósito.

c) La descarbonización de la economía nacional, sobre todo la de los sectores exportadores;

El proceso de descarbonización del país se dará de manera probable, a un ritmo menor al de algunas de las economías centrales, a la vez que requerirá un esfuerzo tecnológico, industrial, de políticas y financiero sin parangón para el país. Asimismo, en la logística y en los procesos productivos es donde se enfrentará de manera más temprana los desafíos, ya que al producir y transportarse productos para la exportación, se estará sometido al escrutinio de países compradores que apliquen penalidades y/o restricciones sobre la base de la huella de carbono y/o huella ecológica de dichas producciones.

Tal desafío implica la necesidad de desarrollar producciones que incorporen fuentes de energía renovables, tales como biocombustibles, procesos de trazabilidad y certificación de punta a punta, y el desarrollo de nuevos mercados para todos ellos. Asimismo, y puesto que toda la cadena productiva va a ser escrutada, es preciso el desarrollo también de insumos verdes para tales producciones, tales como fertilizantes y agroquímicos acordes.

d) La innovación para la transición hacia un nuevo paradigma productivo.

Una reconfiguración de tal escala del sistema productivo y del energético requerirá, como es de esperar, un alto grado de innovación que no abarca sólo a lo tecnológico, sino y de manera muy intensa también, a lo social, a lo organizacional y a los modos de consumo. Teniendo esto en perspectiva, resultara preciso reconfigurar políticas públicas y re inventar muchos sectores económicos bajo la luz del nuevo paradigma.

Por otro lado, la reconfiguración de hábitos de consumo implica también, un gran desafío a la producción, ya que la incorporación por parte de los consumidores de valorizaciones relacionadas con la sostenibilidad, está llamada a alterar el actual panorama de muchos mercados, pero en particular, del alimenticio, en tanto que, desde otro aspecto de la transformación, el reemplazo de combustibles fósiles implicará la necesidad del desarrollo de toda una gama de la química y la biotecnología orientada al reemplazo de aquellos en la industria química.



CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES



UVT de CONICET



Santa Fe

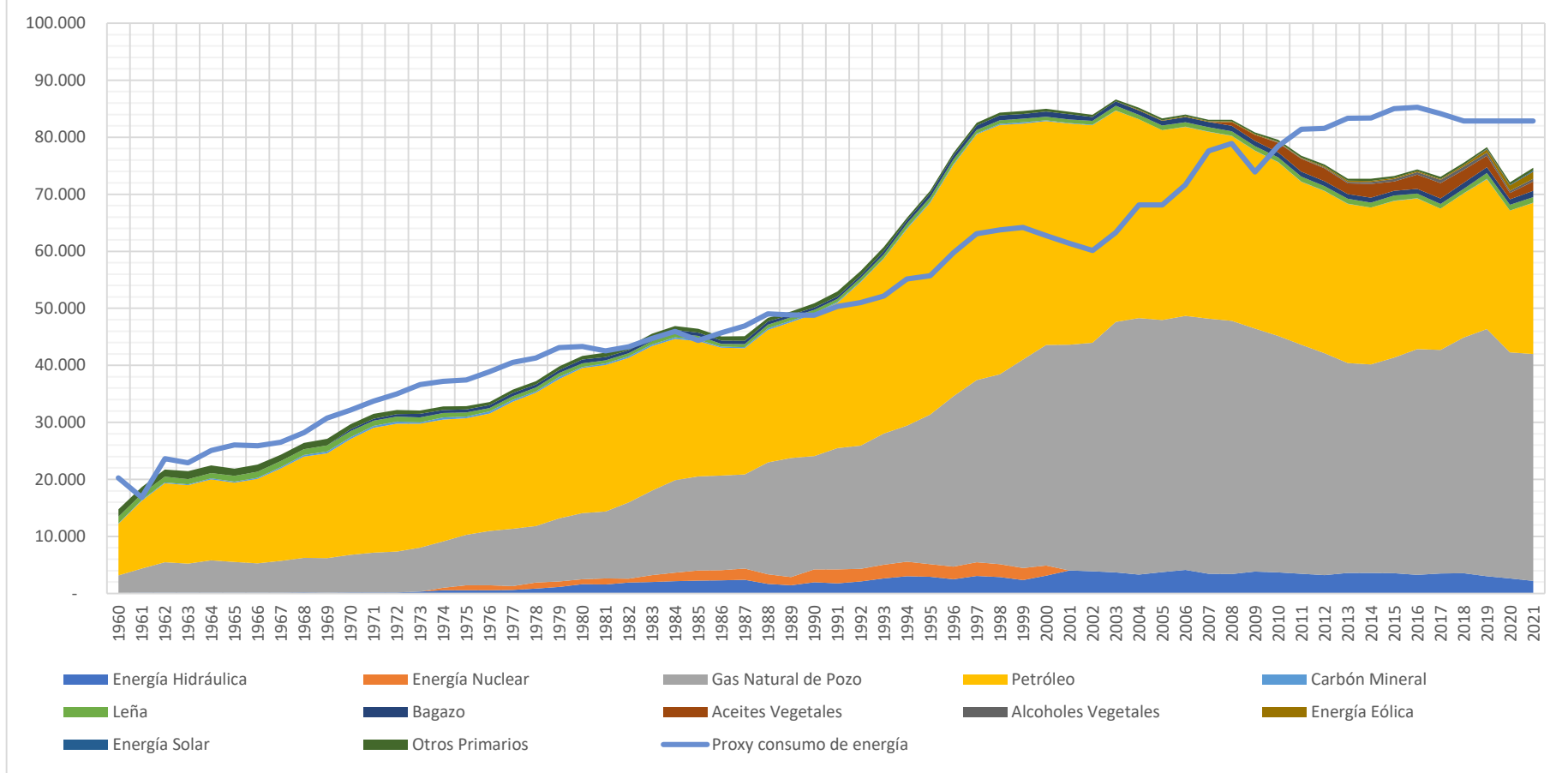


Figura I.v. Producción de energía primaria en Argentina 1960-2021. En MTEP y proxy de consumo interno de energía.

Fuente: elaboración propia en base a Balance Energéticos Nacionales.

I. iii. La química verde en la transición y las biorrefinerías como núcleo tecno-económico del nuevo paradigma productivo

I.iii.i. La bioeconomía

El paradigma de la bioeconomía es una respuesta a la creciente demanda de la población mundial de materias primas y energía y la necesidad de que las mismas sean sustentables en su producción. La necesidad de disminuir la dependencia de materias primas provenientes de recursos fósiles dado su impacto en el proceso de cambio climático implica la necesidad de nuevas tecnologías en los sectores productivos tradicionales que permita sustituir el modelo de industrialización actual (transición ecológica) mediante el uso eficiente de los recursos naturales renovables y el desarrollo de patrones productivos sostenibles.

Entonces, puede afirmarse que el núcleo de la bioeconomía está constituido por la búsqueda de un aprovechamiento y gestión sustentable de recursos renovables de base biológica para la producción de alimentos, bioproductos y energía. La bioeconomía puede considerarse como una transición global hacia la utilización sostenible de los recursos renovables acuáticos y terrestres en energía, productos intermedios y productos finales, para obtener beneficios económicos, ambientales, sociales y nacionales (Goldean y Handfield, 2014).

La bioeconomía comprende entonces a varios sectores (forestal, agrícola, de alimentos, farmacéutico, producción de pulpa y papel) y parte de la industria química, biotecnológica y energética (Cristobal et al, 2016). La bioeconomía también puede ser vista como una estrategia utilizada por la sociedad para luchar contra los problemas urgentes como el cambio climático, la competencia por los recursos naturales, la necesidad de la creación de nuevos puestos de trabajo y el desarrollo de las economías regionales (Annukka Näyhä, 2012).

La emergencia de la bioeconomía entonces se enmarca dentro del gran proceso de transición ecológica que, impulsado por cambios de políticas en los países centrales, necesidades y cambios en los hábitos de la población, implica una transformación de largo aliento de toda la sociedad, implicando en su base, el desarrollo de un nuevo paradigma tecno-económico basado en la biología, sus tecnologías asociadas, y el manejo de tecnologías y procesos para su aprovechamiento y transformación.

I.iii.ii. Refinerías y biorrefinerías

Si los hidrocarburos transformaron la realidad de la vida cotidiana de toda la humanidad en menos de un siglo, tanto por su uso como combustibles como por el desarrollo de la industria petroquímica y sus desarrollos, la necesidad de reemplazo de los mismos está llamada a transformarse en un vector central de la transformación tecno-productiva de la producción de insumos y productos que sostienen a la vida moderna. Y en el núcleo de dicho proceso, se encuentran las biorrefinerías, eslabón fundamental para articular un proceso de transición en los modos de producir materiales, químicos, medicinas, entre otros.

Así como en el caso de los hidrocarburos el proceso de difusión fue empezado en buena medida por los usos como combustibles, que luego devino en un aprovechamiento cada vez mayor y de cada vez más subproductos, en el caso de la biomasa, el camino ha sido iniciado por los biocombustibles, como bioetanol y biodiesel, dando lugar a la aparición de subproductos que han abierto otras oportunidades de aprovechamiento. Así entonces, las biorrefinerías representan un camino en gran parte por desandar, que partiendo de los biocombustibles y de la biomasa en general, se ramifica en múltiples trayectorias a partir de procesos de acondicionamiento y tecnologías de procesamiento.

Ahora bien, teniendo en cuenta que el sector se encuentra en sus inicios (Kamm et al, 2006; Carrillo Gonzales et al, 2019; Castilla-Archilla et al, 2019), las oportunidades no sólo se circunscriben a la transformación de la biomasa -es decir a una industria de proceso- sino que involucra el desarrollo de productos, procesos, equipos y servicios, abarcando entonces, enormes oportunidades de captura de valor para las economías locales que logren alinear políticas de los sectores energéticos, industrial, ciencia y tecnología y de financiamiento.

Pero, antes de seguir avanzando, precisemos en una primera aproximación que es una biorrefinería: “La biorrefinería es una instalación que integra procesos y equipos de conversión de biomasa para producir combustibles, energía, materiales y productos químicos a partir de biomasa. El concepto es análogo a las refinerías de petróleo actuales, que producen múltiples combustibles y productos del petróleo fósil. Las biorrefinerías industriales han sido identificadas como las más rutas prometedoras para la creación de una nueva industria nacional de base biológica (Kamm et al. 2006).

Para abordar la temática e ir avanzando en sus implicancias, resulta de utilidad seguir el recorrido paralelo con el caso de la petroquímica. En la figura I.vi se esquematiza de manera simplificada, la relación o equivalencia entre la industria química derivada de los hidrocarburos y las biorrefinerías, pudiéndose observar que

en términos de productos finales, existe una clara capacidad de reemplazo de los hidrocarburos.

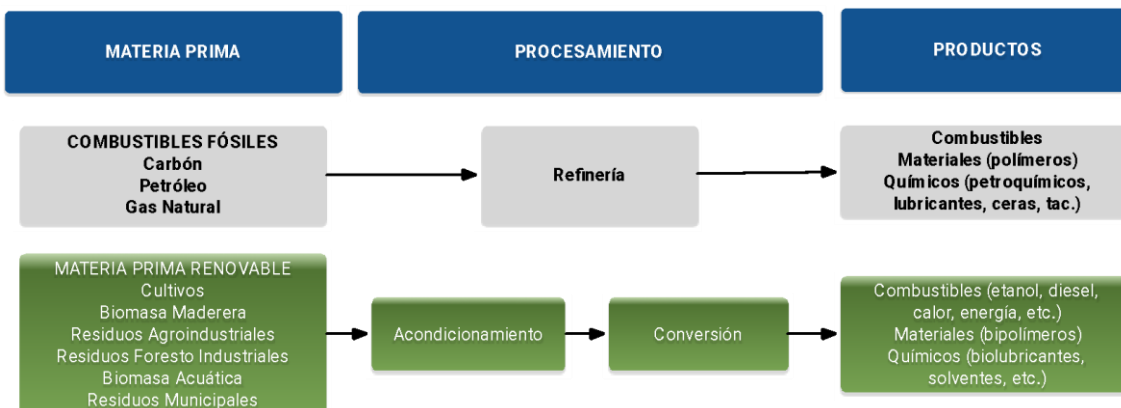


Figura I.vi. Circuitos de la petroquímica y de la química verde.

Fuente: elaboración propia.

Respecto de los eslabones que comprende a la química verde -donde las biorrefinerías son el central, que realiza la conversión en los productos finales-, se trata de tres grandes pasos, donde el primero implica el acopio de la biomasa, el segundo su acondicionamiento para que esté en condiciones de ingresar al proceso de transformación, y finalmente la transformación.

Respecto del acondicionamiento, existen diversas técnicas (físicas, químicas, biológicas y térmicas) para preparar a la biomasa para avanzar en el proceso de transformación, el cual, dependiendo del insumo con el cual se trabaje, puede utilizar diversos procesos, que pueden ser de base física, química o biotecnológica. Así entonces, los diversos métodos y procesos a aplicar dependen tanto de la materia prima como de los productos a desarrollar, y teniendo en cuenta que en la actualidad buena parte de la biomasa que es potencial insumo para biorrefinerías es tratada como residuo, existe un amplio especto de métodos y procesos por desarrollar para lograr un aprovechamiento integral de la biomasa.

I.iii.iii. El cambio técnico y la oportunidad ante la emergencia de un nuevo paradigma

Desde el enfoque de las revoluciones tecnológicas (Pérez, 2003) y del evolucionismo en general, surgen una serie de implicancias que rompen con las visiones tradicionales respecto del desarrollo, sobre todo aquellas deterministas, que remarcan que es necesario transitar ciertos caminos, o afirman la primacía de factores estructurales a la hora de pensar en el mismo (López, 2007; Suárez, 2013; Thomas *et al*, 2013; Freeman, 2003; Rosenberg, 2003; Dossi, 2003). En contraposición a ello, en el enfoque de Pérez (1985, 2001, 2004, 2010), resultan

centrales la historia, la economía política, lo social, la prospectiva, la oportunidad, las capacidades y la dinámica, porque tal como expresa la autora, las oportunidades de desarrollo aparecen como ventanas de oportunidad que se comportan como un blanco móvil, por ende, se trata de acertar a un objetivo que tiene un tiempo de existencia, y que se mueve al son de las revoluciones tecnológicas y sus fases, las cuales moldean la naturaleza de las oportunidades existentes.

Vale para este caso recordar entonces, aquel aforismo de Voltaire que reza que la suerte es la confluencia de la preparación con la oportunidad, pues para tener suerte en la búsqueda del sendero del desarrollo es necesario estar preparado - contar con las capacidades necesarias- y ser capaz de identificar la oportunidad y su naturaleza. En analogía con el aforismo, para Carlota Pérez (2001, 2004) -y el evolucionismo- el desarrollo consiste en un proceso de acumulación de capacidades tecnológicas y sociales que permiten que se identifiquen y aprovechen ventanas de oportunidad -sucesivas y distintas- brindadas por el acontecer de las revoluciones tecnológicas.

Ahora bien, tal proceso depende de los logros que se hayan alcanzado en la fase anterior, la identificación de la naturaleza de la siguiente revolución, la comprensión del paradigma tecno-económico de la revolución, y centralmente, de la habilidad para diseñar y negociar en cada caso, una estrategia de suma positiva que reconozca las estrategias de las empresas más poderosas. (Pérez, 2001). Como puede verse requiere una coordinación y una suma de capacidades que se sustentan en la acumulación de esfuerzos, en suma, una continuidad de estos que sólo puede lograrse dejando de lado un gran número de prejuicios sobre las bases del subdesarrollo de nuestra economía (Arocena, y Sutz, 2003).

El estudio de la historia de los procesos de desarrollo ha mostrado que la tecnología importada juega un rol central en los mismos (Pérez y Soete, 1988), y de la mano de esto, los esfuerzos de los países para absorber esta tecnología, junto con los necesarios para adoptar, adaptar, modificar y dominar los conocimientos técnicos correspondientes (Freeman, 1993, Amsden, 1989). No obstante, puede darse cuenta de numerosos países que, habiendo importado tecnología, no han alcanzado el desarrollo, baste el ejemplo de la Argentina a modo de encabezamiento de la lista (López, 2007).

Las causas de resultados tan diversos es necesario buscarlas en los esfuerzos de absorción y difusión- de tecnologías realizados por cada uno de los países, dentro de los cuales se sitúan, en parte, las políticas concretas aplicadas en cada caso, y en parte, las condiciones particulares de cada país. Pero, a un nivel más profundo, esas causas están arraigadas en la naturaleza de las ventanas de oportunidad creadas por la evolución de tecnológica de los países líderes y en la capacidad para aprovecharlas, consciente o intuitivamente (Pérez, 2001). Por ende,

entonces, para descubrir las causalidades, es necesario explorar la relación del ciclo de vida de los productos tecnológicos con las fases de las revoluciones tecnológicas y su despliegue en el mundo, lo cual altera las barreras de ingreso para los países atrasados en los nuevos sectores de la economía.

Las tecnologías describen a lo largo del tiempo una performance siguiendo una curva en S achatada, esta desplaza las ventajas para su producción hacia los países menos adelantados a medida que la misma se acerca a su madurez. Dicho ciclo descrito inicialmente por Hirsch (1965) y formalizado por Wells (1972), muestra que las tecnologías hacen en sus fases iniciales, un uso más intensivo de mano de obra calificada (más costosa) y conocimientos científicos básicos.

A medida que las actividades se van estandarizando, la mano de obra calificada va siendo desplazada por equipos cada vez más costosos y de operación más sencilla (mayor automatización), a la vez que los requerimientos de *management* se simplifican, no requiriéndose gran experiencia, lo cual en conjunto permite que se puedan “exportar” las actividades productivas al tercer mundo para aprovechar la mano de obra barata y poco calificada, que puede operar dichos equipos.

Resumiendo, cuanto más madura es una tecnología, más se ve impulsada hacia la periferia por la curva de madurez de la misma, hecho que se complementa con la búsqueda de industrias de las periferias para poner en marcha procesos de desarrollo.

Entonces, al desplazarse hacia las periferias en su fase de madurez, las tecnologías requieren capitales que los países en desarrollo no poseen, hecho que los lleva a recurrentes ciclos de endeudamiento y oleadas de Inversión Extranjera Directa (IED) (Cardoso y Faletto, 2002; Bulmer-Thomas, 2010; Astarita, 2010; Dos Santos, 2003). En la figura I.vii se resume la dinámica citada para el caso de la producción de EE. UU. en la industria electrónica.

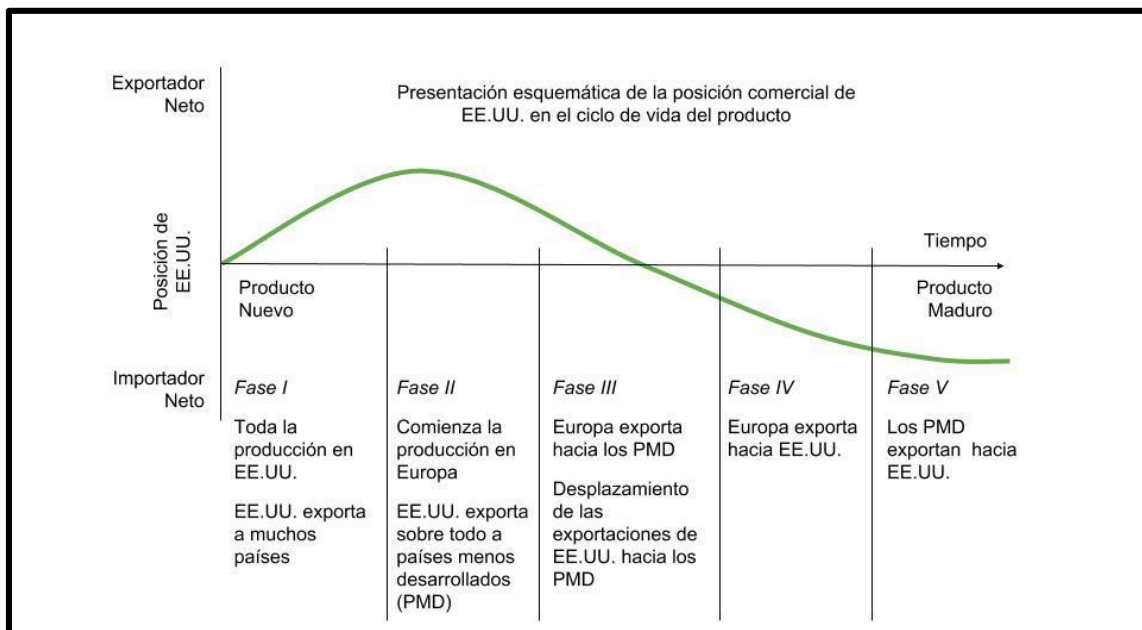


Figura I.vii. Despliegue geográfico de las tecnologías a medida que se acercan a la madurez.

Fuente: Wells, 1972.

Esta recurrencia, acaecida con cada nueva revolución tecnológica, es la que configura las diferentes ventanas de oportunidad para el desarrollo, y el aprovechamiento de cada una de ellas se asocia a las capacidades de cada país y la especificidad de cada una de ellas, en relación a la tecnología que se trate y a los diferentes *mix* de conocimiento científico, experiencia y *know-how*, capacidad para usar mano de obra no calificada y la importancia relativa de las ventajas de ubicación o importancia entre ventajas comparativas y competitivas (Pérez, 2010).

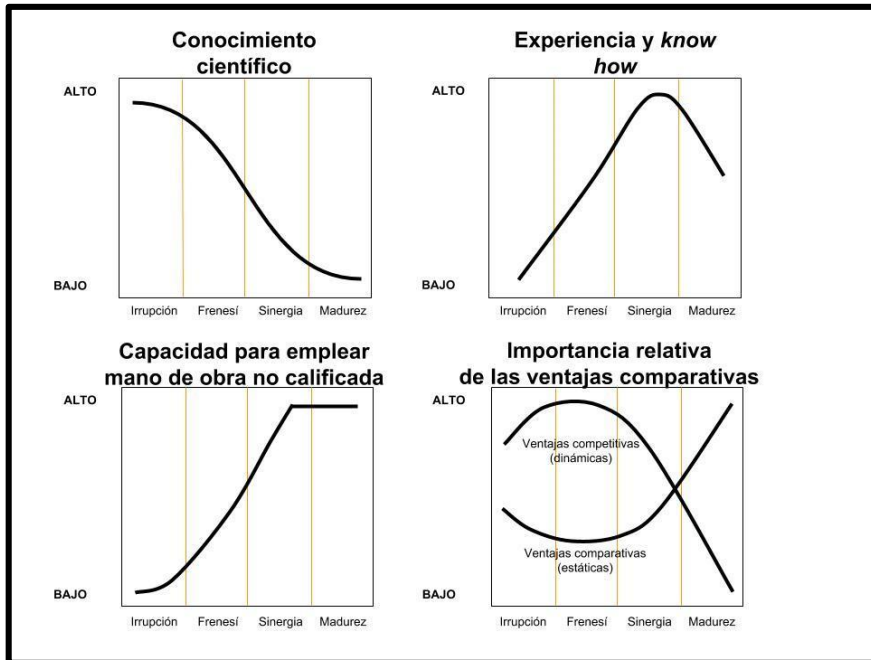


Figura I. viii. Cambios de los requisitos de ingreso según la fase de evolución de las tecnologías.

Fuente: elaboración propia en base a Pérez, 2001.

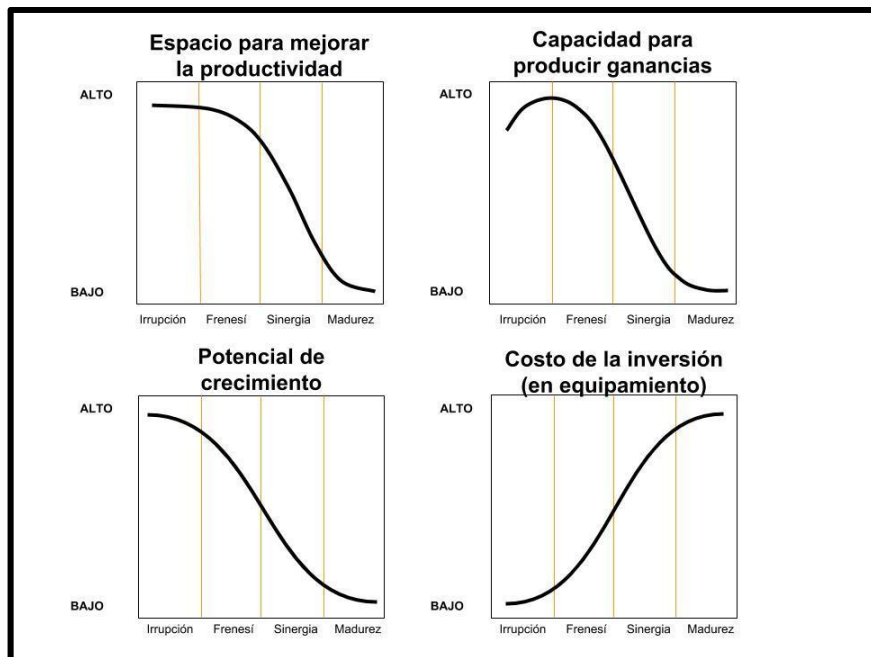


Figura I.ix. Cambio en el potencial de las tecnologías según la fase de evolución.

Fuente: elaboración propia en base a Pérez, 2001.

Sobre la base de los requisitos de ingreso presentados en la figura I.viii, Pérez (2001) argumenta dos posibles estrategias para el ingreso a la revolución tecnológica, una dependiente y otra autónoma. La primera implica que se forma parte de la estrategia de las empresas propietarias de la tecnología, la segunda, entrando al mercado en competencia directa. Como se comprenderá, la elección de una estrategia u otra se basa en el nivel de capacidades y negociación con el cual un país cuenta, no resultando en modo alguno indiferente la elección, ya que una estrategia autónoma ofrece una ventana de oportunidad amplia en la fase 1 y, en grado algo menor en la fase 4, en tanto que el ingreso dependiente ofrece chances muy amplias en la fase 4 y algo menores en la 3.

Si se coteja estas oportunidades con la figura I.ix, se torna evidente que el ingreso autónomo ofrece la posibilidad de capturar mayores mejoras de productividad, crecimiento y ganancias, a la vez que impulsar el desarrollo de equipamientos y servicios asociados.

Entonces, los mejores momentos para el ingreso para los países menos adelantados, como la Argentina dependen de la estrategia a adoptar. En una estrategia autónoma, son la primera y la cuarta fase, ya que, en la primera, los requerimientos de conocimientos están más relacionados con la ciencia básica, y por ello son de mayor disponibilidad y acceso para todos, en tanto que la experiencia y el *know-how* no resultan determinantes, a la vez que no existen grandes barreras de entrada. A su vez, en la cuarta fase, la estandarización hace que no se requiera gran experiencia y que se pueda aprovechar la mano de obra no calificada, lo cual se puede hacer a partir de inversión extranjera directa de las multinacionales que dominan a las industrias de la revolución vigente.

En una estrategia dependiente, las fases más prometedoras resultan la 3 y la 4, donde las ventajas comparativas y el costo de la mano de obra pasan a tener un mayor peso, pero es necesario resaltar que dicha estrategia va de la mano de la IED, lo cual implica en el futuro posibles problemas en el sector externo de los países receptores de la misma (Pérez, 2001).

Visto desde la perspectiva de mercado, con mercados maduros como en las fases 3 y 4, lo determinante resulta la estructura de costos comparativos, puesto que la innovación ya es rutina y de corta vida, dada la madurez de las tecnologías.

Esta entrada tardía en la revolución, aprovechada de un modo eficaz, puede habilitar senderos de aprendizaje que lleven al país a ingresar en una mejor posición en la próxima revolución, la cual ya está en incubación en la fase 4, y aunque aparece como costosa, poco rentable y poco prometedora, es una buena estrategia para crear una base de industrialización, generar capacidades de aprendizaje y establecer infraestructura básica, además de sectores conexos como los servicios asociados, todo necesario para sostener el esfuerzo de desarrollo.

No obstante, es necesario recordar que no existe un camino dado a desandar, que el proceso es dinámico, que se requiere de innovaciones locales y mercados crecientes, por lo cual es deseable ingresar lo antes posible a cada revolución. Asimismo es necesario recordar que la innovación tecnológica no es una flor que prospere en el desierto, ya que por naturaleza funciona en clústeres y su éxito depende de factores complementarios importantes, como las ventajas dinámicas y externalidades positivas de diverso tipo, especialmente las infraestructuras física, social y tecnológica, o la existencia de clientes locales competentes y exigentes (Pérez, 2001; Lundvall, 2009; Amable et al, 2008), todo lo cual nos recuerda que la innovación y el desarrollo son *path dependency*, y que por ende es necesario trabajar fuertemente en un marco de incentivos adecuados para los actores relevantes.

El país ofrece ejemplos de empresas que han creado ventajas dinámicas (Seijó, y Cantero, 2012; Ascúa, 2003), por lo cual queda claro que el objetivo de crear precondiciones para afrontar un proceso de *catching up* tecnológico es posible, se trata entonces de cómo construir una alternativa sobre las bases de una lectura adecuada de la realidad.

I.iii.iv. Las biorrefinerías: ¿oportunidad emergente o tecnología madura?

Sobre la base de lo reseñado, y teniendo en cuenta lo reciente del sector de las biorrefinerías y la química verde en lo que respecta a su despliegue, parecemos estar ante una ventana de oportunidad para la captura de nichos de alto valor agregado, ya que las ventajas comparativas del país en lo que hace a procesamiento de productos primarios, aunado a las capacidades existentes en los sectores tecnológico, industrial y científico, configuran una masa crítica de relevancia para el despegue del sector.

En lo que sigue del trabajo se analizarán las condiciones de la provincia de Santa Fe respecto del sector de las biorrefinerías, de modo de identificar con evidencia las bases de una posible oportunidad para el desarrollo Santafecino con el sector, y las condiciones para el aprovechamiento de la misma.

CAPÍTULO II. LA GEOGRAFÍA ECONÓMICA DE SANTA FE DESDE LA PERSPECTIVA DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El objetivo del presente capítulo es repasar los principales aspectos de la geografía económica de la provincia, haciendo foco en los aspectos energéticos y productivos, los cuales configuran el interés del presente trabajo. En el recorrido se revisará tanto la matriz energética como su distribución espacial, de modo de poder dimensionar el sistema provincial y el desafío que implica de cara a la transición energética.

Se revisa en el recorrido también, el complejo de biocombustibles, que resulta casi la única fuente de energía que la provincia autoproduce y aporta al sistema nacional. Se revisará asimismo la situación de la provincia en relación al sistema nacional, en tanto que la provincia es una importadora neta de energía en un sistema nacional que depende de manera abrumadora de los hidrocarburos.

Desde el punto de vista de la transición, resulta clave para la provincia comprender como se pueden aprovechar las capacidades relacionadas con el actual sistema para transicionar a un nuevo sistema energético basado en fuentes bajas en emisiones. En tal sentido, la existencia de una importante capacidad en biocombustibles perfila la mayor fortaleza de la provincia, pero no la única.

II.i Características generales

La provincia de Santa Fe se encuentra situada en el centro-este de la República Argentina. Junto a las provincias de Córdoba, Entre Ríos y Buenos Aires conforman la región centro. Cuenta con una superficie de 133.007 km². Limita al Este con Entre Ríos y Corrientes, al Norte con Chaco, al Oeste con Santiago del Estero y Córdoba, y al Sur con Buenos Aires.

La población de Santa Fe alcanzó los 3.194.537 habitantes según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de 2010 realizado por INDEC y se estima cercana a las 3.509.113 personas para el año 2019, representando el 8% del total Nacional. La densidad poblacional estimada para este último año es de 24,1 habitantes/km² por debajo del promedio de la región centro (42,4 ha/km²) y del nacional (16,2 ha/km²).

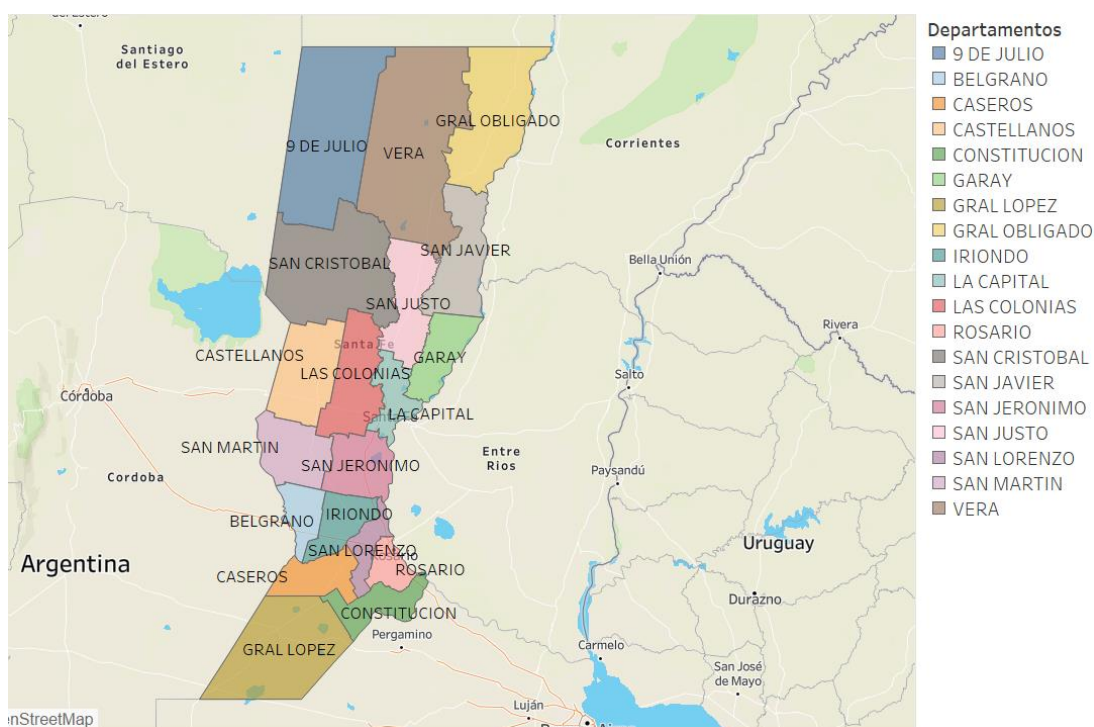
Su población representa un 8% del total nacional. Con una extensión territorial norte-sur de 720 Km. de longitud y de 380 Km. en su eje este-oeste, es la segunda economía más importante del país (Provincia de Santa Fe, 2011).

Según datos de la Bolsa de Comercio de Rosario, entre los principales indicadores socioeconómicos, la provincia de Santa Fe presenta un Producto Bruto Geográfico (PBG) para el año 2019 de 59.798 millones de pesos a valores constantes del año 2004, solo por detrás de la provincia de Buenos Aires (\$ 243.908 millones) y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (\$ 145.992 millones) (Bolsa de Comercio de Rosario, 2021).

Administrativamente, se compone de 19 departamentos, donde se distribuyen 363 localidades de distinta dimensión (ver Mapa II.xiii) (Provincia de Santa Fe, 2016).

Cuya distribución es:

- 313 Comunas de menos de 10.000 habitantes.
- 48 Municipios de 2° categoría, de entre 10.000 y 200.000 habitantes.
- 2 Municipios de 1° categoría, de más de 200.000 habitantes.



Mapa II.i. Distribución geográfica de la producción de bioetanol (m3), provincia de Santa Fe 2010-2022.

Fuente: elaboración propia según datos del SIG.

Según el documento Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa metodología WISDOM de la FAO (FAO, 2018), en la Provincia la

distribución de la población presenta una marcada concentración en dos centros urbanos: en el departamento Rosario residen 1.245.700 habitantes, el 37,9% del total provincial, y en el departamento Capital, con la ciudad capital de Santa Fe, 547.500 habitantes (16,7%). Otros centros son el núcleo urbano Reconquista-Avellaneda, en el noreste sobre la RN 11 (105.000 habitantes); la ciudad de Rafaela, en el centro, sobre la RN 34 (93.000 habitantes), y Venado Tuerto, en el sudoeste sobre la RN 33 (82.000 habitantes). También constituyen importantes centros poblados las localidades de Villa Gobernador Gálvez y San Justo. El porcentaje de residentes en áreas urbanas, según el CNPHyV 2010, era de 89,2%, y con tendencia creciente al despoblamiento del sector rural. El 63% de los santafesinos conformaban el estrato comprendido en la Población Económicamente Activa (entre 14 y 65 años).

El sistema hidrográfico de la provincia es el más extenso del país, con ríos, lagunas, cañadas, esteros, riachos y arroyos. El frente fluvial de Santa Fe alcanza los 849 km, lo que representa un tercio de la extensión total de la hidrovía Paraná-Paraguay (Plan Estratégico Provincial 2030). Santa Fe posee uno de los sistemas portuarios más importantes de América Latina para buques de ultramar. Esta dotación de terminales portuarias y uno de los mayores polos de producción de oleaginosas del mundo, principalmente, localizado en el Gran Rosario, han provocado un fuerte incremento de los flujos de transporte, convirtiéndose en el complejo portuario que registra el mayor movimiento de camiones del país.

La ubicación estratégica de la provincia, situada en el área territorial más dinámica de la República Argentina, le asigna un rol fundamental en su integración social, económica, cultural y política. La caracterización efectuada por el Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (Porta y Baruj, 2019) en su informe señala que la actividad económica provincial incluye una muy amplia y heterogénea variedad de sectores y actividades. Muchas de las principales producciones de la provincia están directamente basadas en la explotación de sus recursos naturales y la transformación básica de los mismos. Muchas otras, sin embargo, responden a una consolidada tradición industrial que Santa Fe ha sabido desarrollar, como así también al importante conglomerado de proveedores de diversos servicios que abastecen a las actividades primarias e industriales o que se dirigen al consumo final.

El entramado industrial de la provincia de Santa Fe se compone de diversas actividades que generan valor agregado y empleo. A la consolidada industria santafecina de transformación de alimentos se suma el complejo químico, el sector petroquímico y plástico, la producción siderúrgica, la cadena automotriz, la fabricación de maquinaria y equipo (incluyendo la producción de maquinaria agrícola), la refinación de hidrocarburos, la cadena de cuero y calzado, la cadena

farmacéutica, entre otros. Se trata de un entramado heterogéneo en sus capacidades tecnológicas y organizacionales, y en el cual conviven algunas grandes firmas líderes de sus respectivos segmentos de actividad con un amplio conjunto de pequeñas y medianas empresas.

El polo agroindustrial, eminentemente aceitero, que se extiende sobre la costa del río Paraná –desde las localidades de Puerto San Martín hasta Arroyo Seco–, se ha transformado en uno de los más importantes a nivel mundial en cuanto a concentración geográfica, niveles de producción y tecnología (ídem, p.4).

Su matriz productiva combina sectores industriales y de servicios junto con una explotación de recursos agrícolas donde coexisten actividades con alto valor agregado y contenido tecnológico, sectores en la frontera tecnológica internacional y establecimientos de mayor atraso relativo.

Existen múltiples eslabonamientos al interior del entramado productivo local, integrándose en la región cadenas agroalimentarias, industriales y de provisión de servicios a las distintas actividades y a los centros urbanos. Los principales nichos de menor vinculación intersectorial, por su parte, se encuentran en espacios de agregado de valor sobre desechos y la incorporación de tecnología de automatización.

Respecto a las exportaciones y al empleo, Santa Fe genera el 21% del valor total de la producción exportable nacional y brinda empleo directo al 12% de la población activa argentina. Es la primera provincia productora de oleaginosas y la segunda en producción de cereales. El 75% del volumen de exportaciones argentinas de cereales y el 58% de oleaginosas, se embarca desde los puertos santafesinos (ídem, p.5).

En cuanto a la industria metalúrgica y metalmecánica, la provincia produce una parte importante del acero crudo nacional en la forma de laminados no planos, siendo Acindar el principal productor. En 2016 la provincia contaba con 6.538 establecimientos industriales, de acuerdo a los datos del Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial (OEDE). La mayoría, se encuentran abocados tanto a la elaboración de alimentos como a la fabricación de productos del metal. En este sentido, el primero representa el 24% del total de los establecimientos industriales. En conjunto con la fabricación de metales y maquinaria y equipo explican el 55% del total de los establecimientos (ídem, p.8-10).

A partir de lo expuesto, se desprende que la disponibilidad de recursos naturales, productivos y científicos dentro de Santa Fe le dan a la provincia un importante potencial para elaborar estrategias de desarrollar e incorporar a la producción mayores conocimientos específicos basados en la ciencia y la tecnología.

II.ii El sistema energético santafesino

La caracterización del sistema energético de Santa Fe se realiza a partir del balance energético o un conjunto de relaciones de equilibrio que contabilizan los flujos de energía a través de distintos eventos desde su producción hasta su consumo final.

El balance energético permite visualizar cómo se produce la energía, se exporta o importa, se transforma o se consume por los distintos sectores económicos, permitiendo además el cálculo de relaciones de eficiencia y diagnósticos de situación. La forma general lógica de esta sucesión lógica es una estructura compuesta por la oferta, la transformación y el consumo, tal como se muestra en la Fig. II.i (Ministerio de Energía y Minería, 2016).

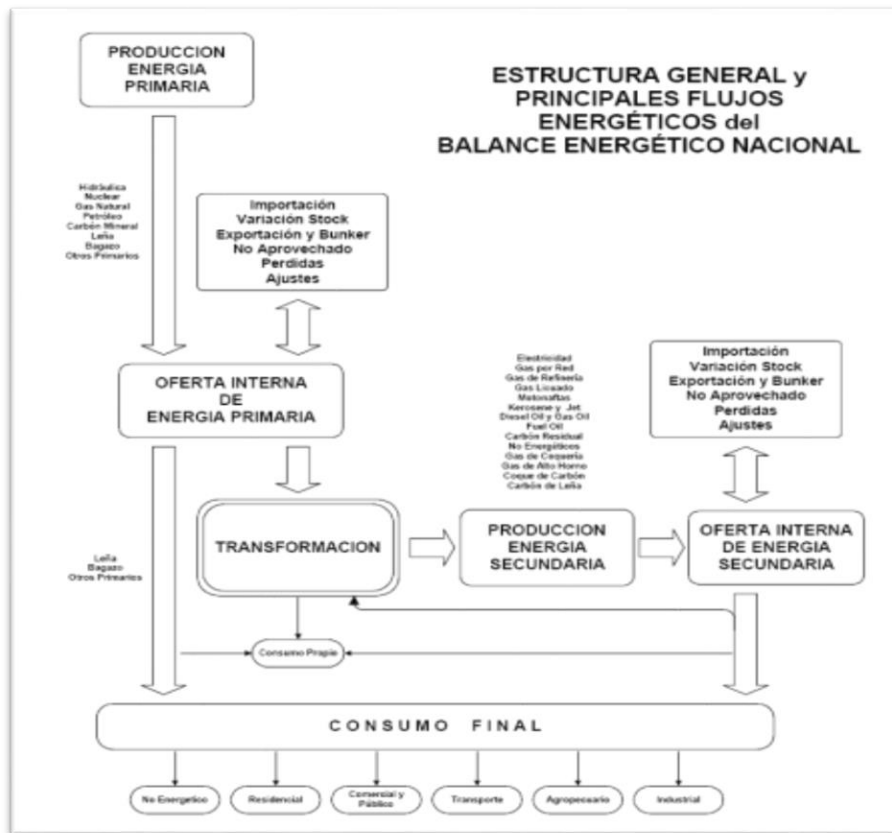


Fig. II.i . Estructura general y principales de flujos energéticos del Balance Energético

Fuente: Ministerio de Energía y Minería, 2016.

A continuación, se resumen algunas definiciones generales aplicables para el Balance Energético Nacional de la República Argentina (Ministerio de Energía y Minería, 2016) que son utilizadas en el desarrollo de este capítulo.

II.ii.i Fuentes de energía

Se define como fuentes de energía primaria a las fuentes de energía en estado propio que se extraen de manera directa de los recursos naturales, como en el caso de las energías hidráulica, eólica y solar; mediante un proceso de prospección, exploración y explotación, como es el caso del petróleo y el gas natural, o bien mediante recolección, como el caso de la leña. En algunos casos, la energía primaria puede ser consumida directamente, sin mediar un proceso de transformación.

Se define como energía secundaria a las diferentes fuentes de energía producidas a partir de energías primarias o secundarias en los centros de transformación con el fin de ser consumidas de acuerdo con las tecnologías empleadas en los sectores de consumo. Las formas de energía secundaria pueden resumirse en electricidad (producida de fuentes primarias o secundarias), gas distribuido por redes, gas licuado de petróleo (GLP), gasolinas, gas oil, kerosene y combustible jet, fuel oil y productos no energéticos (por ejemplo, asfaltos y lubricantes derivados del petróleo).

II.ii.ii Oferta de energía

Se entiende como oferta interna de energía primaria a la sumatoria de la producción local, importación y variación de inventario menos la exportación y la energía no aprovechada (por ejemplo, gas quemado en la antorcha), sumando el ajuste o diferencia estadística (que puede ser positivo o negativo).

Mientras que la oferta interna de energía secundaria es, por su parte, la sumatoria de la producción local, importación y variación de inventario menos la exportación, las pérdidas y energía no aprovechada, sumando el ajuste o diferencia estadística.

La oferta interna de energía representa el total efectivamente disponible para sus tres destinos posibles: ser transformada (refinerías, planta de tratamiento de gas, usinas eléctricas, etc.), ser consumida en el propio sector energético (consumo propio), o ser consumida por los usuarios finales dentro del país (consumo final).

Existe una tercera utilización de este concepto, que denominamos Oferta Interna de Energía Total, también denominada como «*primary consumption*», que consiste en la oferta interna de energía primaria más el balance de comercio exterior de las energías secundarias.

II.ii.iii Centros de transformación

Son las instalaciones donde la energía que ingresa se modifica mediante procesos físicos y/o químicos, entregando una o más fuentes de energía diferentes a la o las de entrada. En estos procesos de transformación aparecen necesariamente consumos propios, que generan una diferencia entre producción bruta y neta y pérdidas en la transformación, debido a la natural ineficiencia de los procesos. Los centros de transformación del Balance Energético Nacional son centrales eléctricas (servicio público y autoproducción), plantas de tratamiento de gas, refinerías, aceiteras y destilerías, coquerías, carboneras y altos hornos.

II.ii.iv Consumo de energía

El consumo propio en el circuito primario consiste en el consumo que se produce durante la extracción del recurso (por ejemplo, el consumo de gas en un yacimiento). El consumo propio en el circuito secundario consiste en aquellos recursos energéticos que se consumen dentro del centro de transformación que los produce (por ejemplo, el consumo de electricidad en una central generadora de electricidad).

El consumo no energético es el uso de recursos con fines distintos a la utilización como combustible. Por ejemplo, se encuentra en este rubro el consumo de etano para la producción de etileno, las naftas que se incorporan a los aceites lubricantes o pinturas, etc.

El consumo energético comprende el consumo de productos primarios y secundarios utilizados por todos los sectores de consumo final para la satisfacción de sus necesidades energéticas. La apertura de los sectores de consumo se clasifica de la siguiente manera:

- Sector residencial: el consumo final de este sector es el correspondiente a los hogares urbanos y rurales del país.
- Sector Comercial y Público: incluye el consumo de todas las actividades comerciales y de servicio de carácter privado, los consumos energéticos del

gobierno a todo nivel (nacional, provincial y municipal), instituciones y empresas de servicio público como defensa, educación, salud, entre otras.

- Sector transporte: incluye los consumos de energía de todos los servicios de transporte dentro del territorio nacional, sean públicos o privados, para los distintos medios y modos de transporte de pasajeros y carga (carretera, ferrocarril, aéreo y fluvial-marítimo).
- Sector agropecuario: comprende los consumos de combustibles relacionados con toda la actividad agropecuaria, silvicultura y la pesca.
- Sector industrial: comprende los consumos energéticos de toda la actividad industrial, ya sea extractiva o manufacturera (pequeña, mediana y gran industria), y para todos los usos, excepto el transporte de mercaderías, que queda incluido en el sector transporte.

La provincia de Santa Fe, por su ubicación geográfica dentro de la región litoral, por la importancia de su actividad económica en el contexto nacional y por su condición demográfica, constituye un subsistema energético bien definido, altamente desarrollado, fuertemente interrelacionado con el resto del Sistema Energético Nacional a través de grandes obras de infraestructura –gasoductos troncales; gasoductos interprovinciales; líneas eléctricas de muy alta tensión (500 kv); gran cantidad de líneas de tensiones menores 132 kv, etc.-.

La Tabla II.i. muestra en forma sintética la situación relativa de Santa Fe con respecto al total nacional en materia energética. Aquí se observa que la provincia, cuya población representa el 8,2% del total nacional, consume el 7,63% de la energía que se consume el país, pero produce solamente el 2,18% de la energía secundaria. Ello implica que Santa Fe es una provincia importadora neta de energía producida en otras jurisdicciones (CPCE, 2007).

Tabla II.i. Comparación Santa Fe vs. Total país en materia de energía.

Año 2006

	Santa Fe	Argentina	Participación	
Población	3.199.248	38.970.611	8,20%	
PBI (base 1993 en millones de pesos)	\$23.139 M	\$330.565 M	7%	
Energía primaria	Producción	47,522 ktep	85.517 ktep	0,05%
	Oferta interna	1.714,555 ktep	77.921 ktep	2,20%
Energía secundaria	Producción	1.707,48 ktep	78.014 ktep	2,18%
	Oferta	4.448,78 ktep	70.856 ktep	6,27%
Consumo total de energía	4.334,878 ktep	56.782 ktep	7,63%	
Intensidad energética (CE/PBI)	0,187	0,171		
Consumo energético per cápita (CE/Pob.)	0,00135	0,00145		

Fuente: CPCE, 2007.

En Santa Fe, la energía convencional representa más del 95% del consumo (CPCE, 2007). El 5% restante lo conforman diversos recursos energéticos no convencionales que se dan normalmente en las zonas rurales (FAO, 2018). La provincia posee un subsistema energético fuertemente interconectado con el sistema energético argentino. La situación de abastecimiento de energía proveniente de cada una de fuentes convencionales se conforma de la siguiente manera:

II.iii Abastecimiento de energía según fuente

II.iii.i Gas Natural

El gas natural representa el 46,3% del consumo energético provincial y éste es importado de yacimientos de otras provincias y de Bolivia. La provisión se realiza a través de la Red Troncal de Gasoductos, mientras que la distribución la realiza la Distribuidora Litoral Gas (CPCE, 2007).

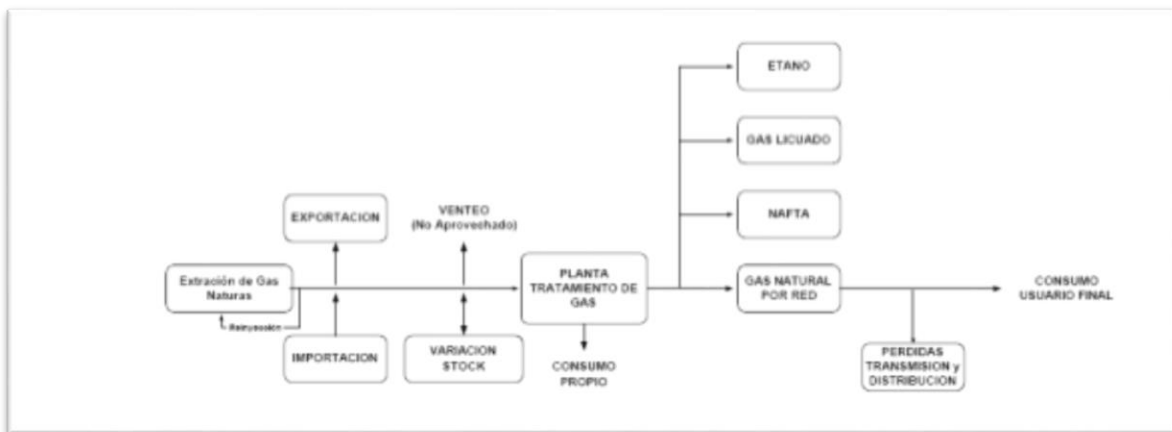


Fig. II.ii. Estructura de la provisión de gas natural.

Fuente: Ministerio de Energía y Minería, 2016.

II.iii.ii Gasoductos

Las cuencas productoras de gas más importantes en Argentina son la Noroeste, la Neuquina, la del Golfo de San Jorge y la Austral. Estas cuencas son conectadas con los diferentes puntos del país por Transportadora de Gas del Norte y Transportadora de Gas del Sur.

La distribuidora Litoral Gas desarrolla la actividad de distribución de Gas Natural en el área conformada por la Provincia de Santa Fe y por los siguientes partidos del norte de la Provincia de Buenos Aires: San Nicolás, Ramallo, Pergamino, Colón, Bartolomé Mitre, San Pedro y Baradero. Dicha región abarca una superficie de 136.387 km² y tiene una población del orden de los 3,5 millones de habitantes.

El Gas que entrega Litoral Gas a sus clientes proviene de las cuencas Noroeste, Neuquina y Austral; llegando al área de distribución por medio de los gasoductos Norte, Centro Oeste y Gral. San Martín (ver Mapa II.i.). Los dos primeros gasoductos mencionados son operados por la Transportadora de Gas del Norte, mientras que el último por Transportadora de Gas del Sur. El detalle de los tramos de los gasoductos troncales que surcan la provincia de Santa Fe puede observarse en los Mapas II.ii, II.iii, II.iv, II.v, II.vi y II.vii. .



Mapa II.ii. Red Troncal de Gasoductos

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.



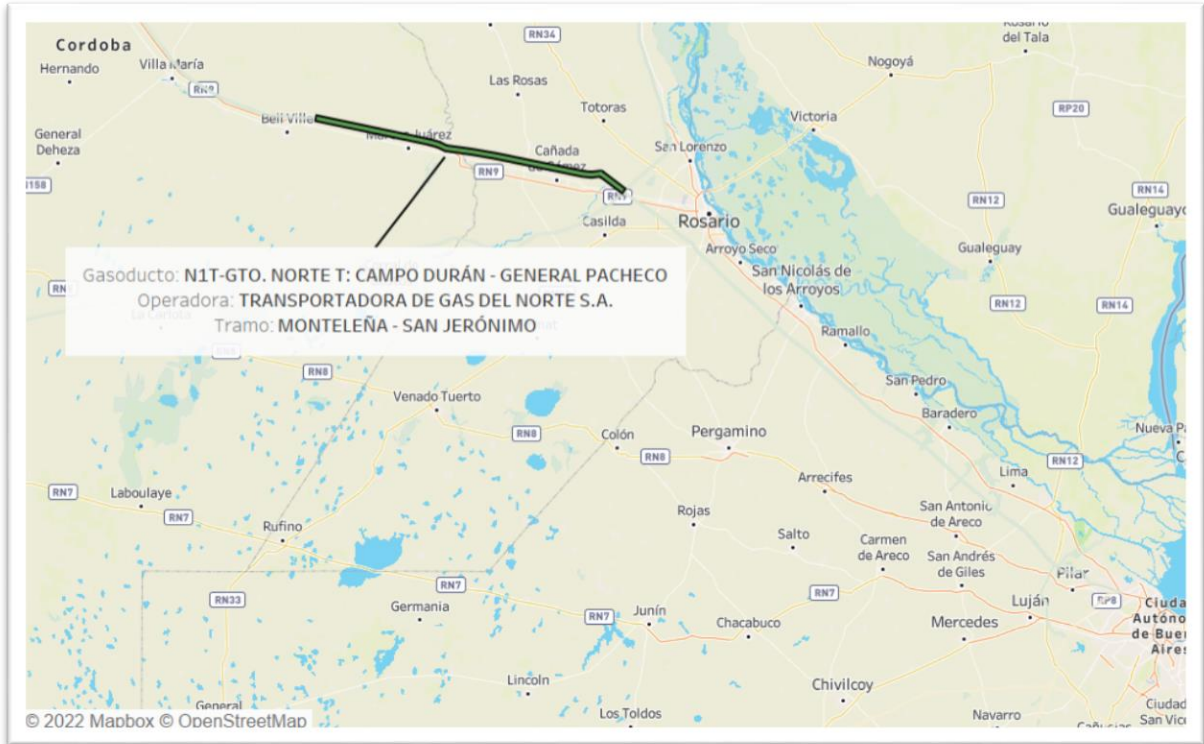
Mapa II.iii. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.



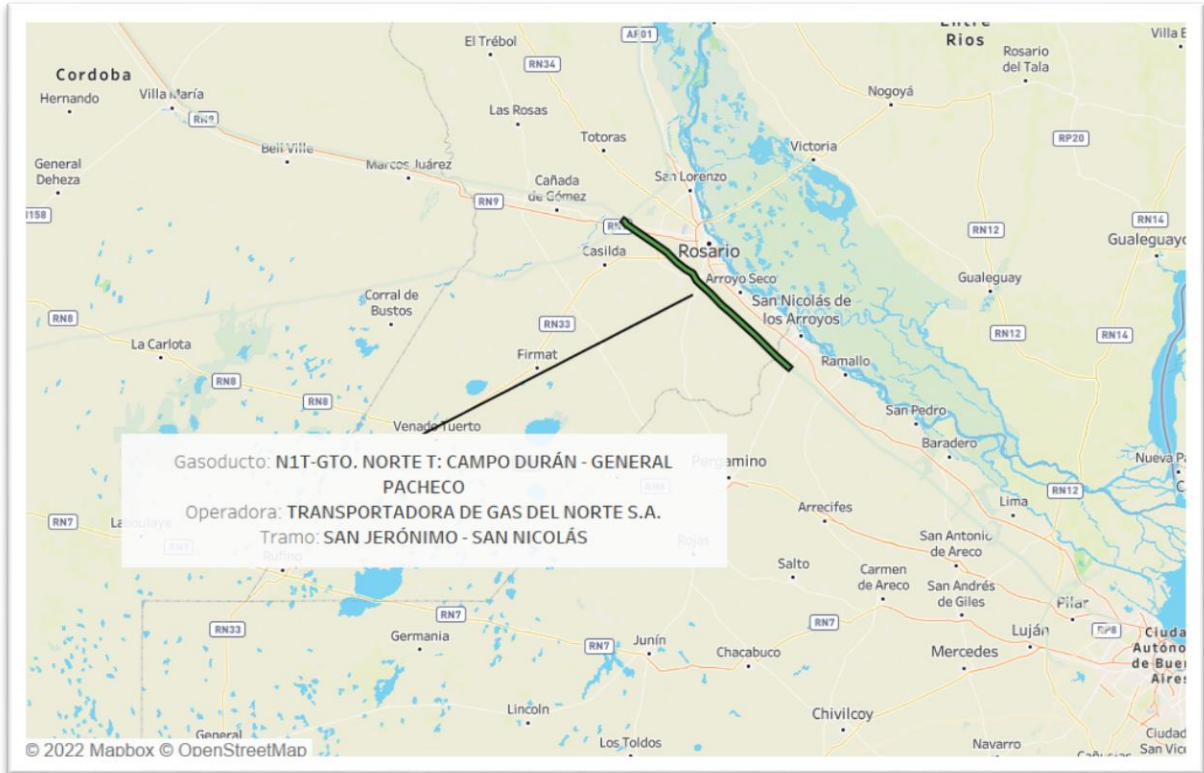
Mapa II.iv. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Camilo Aldao - San Jerónimo

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.



Mapa II.v. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Montealeña - San Jerónimo

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.



Mapa II.vi. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Camilo Aldao - San Jerónimo

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.



Mapa II.vii Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramos Aldao–Aldea Brasileira y San Jerónimo-Aldao

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.

Según información de la ENERFE³, actualmente se encuentran en obra los siguientes proyectos:

- Gasoducto Metropolitano, con una extensión de 42 km atravesará las localidades de Santa Fe, Esperanza, Recreo, Monte Vera, San José del Rincón, Arroyo Aguiar, Arroyo Leyes y Angel Gallardo (Caudal proyectado de 61.000 m³).
- Gasoducto Gran Rosario: 36 km de extensión cubriendo las localidades de Esta de Funes, Roldán, Ibarlucea y el área metropolitana de la ciudad de Rosario (Caudal proyectado de 70.000 m³).
- Gasoducto Regional Sur: involucra la construcción de 18 km. de gasoducto, 9 km. de refuerzo en la alimentación y un ramal de 15 km., en el sur de la

³ <https://www.santafe.gob.ar/ms/enerfe/>

provincia, abarcando las localidades de Venado Tuerto, Carmen, Murphy, Chovet, Firmat, Casilda, Melincué y Teodelina.

- Gasoducto Provincial RP90: generará impacto económico, social y productivo en 19 localidades del sur de Santa Fe: Rueda, Godoy, Cepeda, Stephenson, La Vanguardia, Sargento Cabral, Santa Teresa, Peyrano, Cañada Rica, General Gelly, Juan B. Molina, Máximo Paz, Alcorta, Juncal, Carreras, Labordeboy, Hughes, Wheelwright y Melincué.
- Gasoducto Sudoeste: comenzará en el distrito de Arrufó, en el empalme con el Gasoducto de Noreste Argentino (GNEA) y desde allí se extenderá por 52 km. atravesando las localidades de Villa Trinidad, Colonia Rosa, San Guillermo y Suardi.
- Gasoducto RN34 Sur: con una extensión de 142 km conecta las localidades del sur provincial que son cercanas a la RN34, impulsando la gasificación industrial, comercial y domiciliaria de San Martín de las Escobas, Lucio V. López, Salto Grande, Totoras, Clason, San Genaro, Centeno, Las Bandurrias, Casas, Cañada Rosquín, y hacia el sur se plantea una conexión con la localidad de Ibarlucea.
- Gasoducto Regional Centro II: unirá Recreo con Sunchales, a través de Esperanza y Rafaela. Con una previsión de 34.000 conexiones, este gasoducto transita en el corazón de la cuenca lechera santafesina y el gas es un elemento esencial para la producción de lácteos.
- Plan GANES: abarca a más de 30 localidades del noreste provincial, con presencia en los departamentos La Capital, Garay, San Justo, San Javier, Vera y General Obligado. Pudiendo llevar gas natural a 1.300 industrias y comercios, 2.000 instituciones y una previsión futura de 100.000 conexiones domiciliarias. El arraigo y desarrollo energético de la región lo convierten en uno de los planes gasíferos más importantes de las últimas décadas, con más de 1.600 km. sólo en tendido de redes.

II.iii.iii Derivados de Petróleo (naftas; gasoil; fueloil)

Los derivados de petróleo representan el 35% del consumo y abarca naftas, gasoil, fueloil. La producción de petróleo es externa a Santa Fe, mientras los productos refinados son producidos parcialmente en la Refinería San Lorenzo y en refinerías ubicadas en otras provincias (CPCE, 2007).

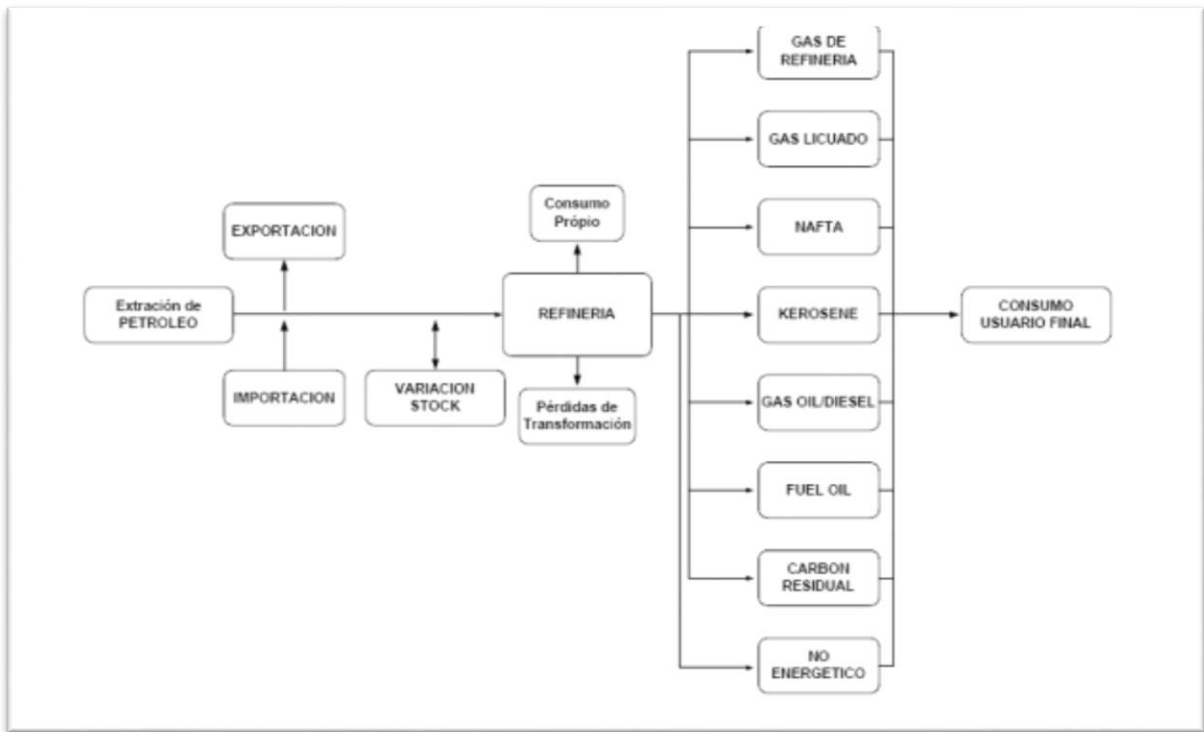


Fig. II.iii. Estructura de la provisión de derivados del petróleo

Fuente: Ministerio de Energía y Minería, 2016.

II.iii.iv Energía Eléctrica

La energía eléctrica es generada en el Sistema Interconectado Nacional, el despacho de cargas es realizado por el organismo nacional encargado, la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA (CAMMESA), mientras que la distribución y sub-transmisión eléctrica dentro de Santa Fe compete a la Empresa Provincial de la Energía (EPE) y cooperativas eléctricas de jurisdicción y regulación provincial. La provincia de Santa Fe representa el 15,91% del consumo eléctrico nacional (CPCE, 2007; FAO, 2018).

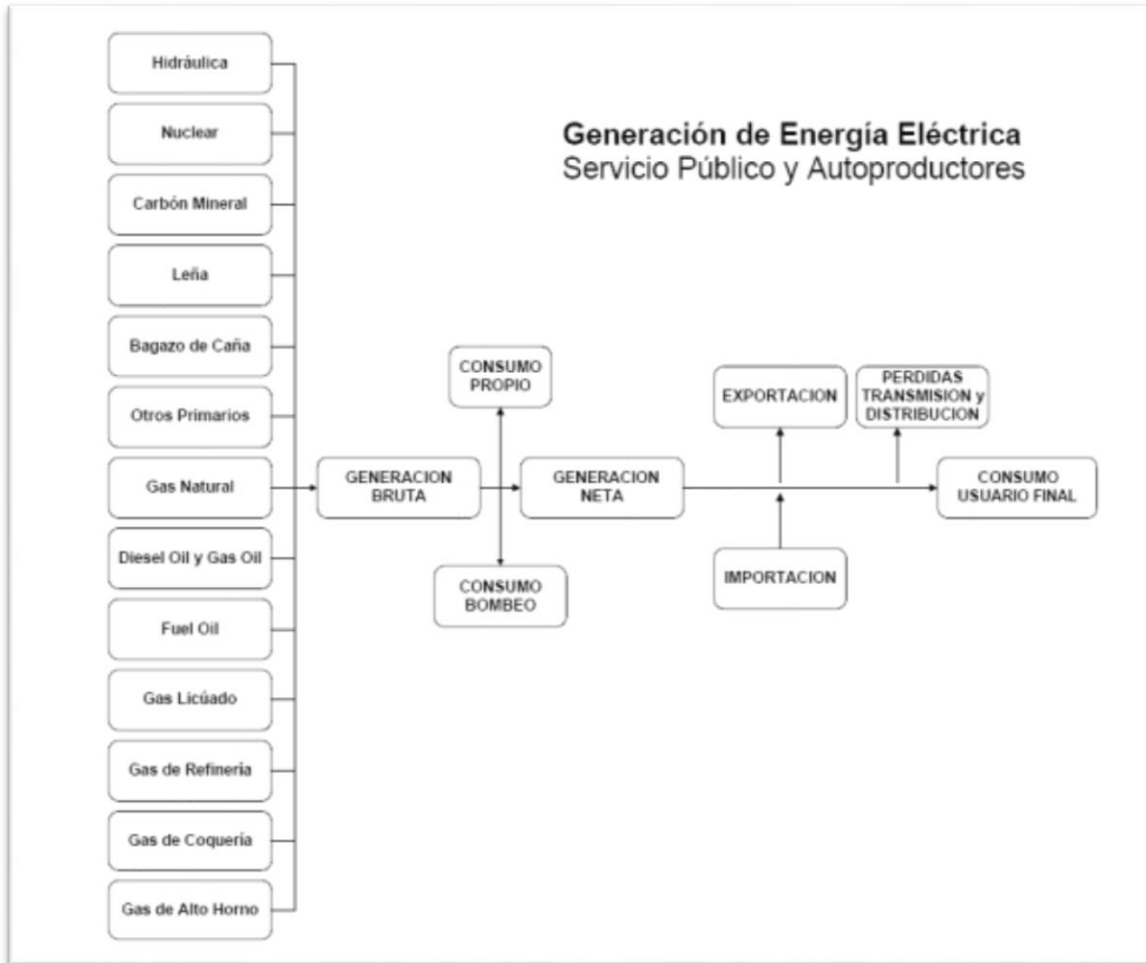


Fig. II.iv. Estructura de la generación de energía eléctrica

Fuente: Ministerio de Energía y Minería, 2016.

II.iii.v Centrales de generación eléctrica

La generación eléctrica de la provincia corresponde mayoritariamente al uso de centrales térmicas basadas en tecnologías de turbina de gas y turbina de vapor, concentrando en 2022 el 99,3% de la generación frente al 0,7% aportado por fuentes renovables (CAMMESA). Estas p centrales térmicas están ubicadas en los departamentos de 9 de Julio, Castellanos, Gral. López, La Capital, Rosario, San Cristóbal y San Lorenzo, tal como se detalla en el Mapa II.viii y en la Tabla II.ii



Mapa II.viii. Centrales de generación eléctrica en la provincia de Santa Fe

Fuente: elaboración propia según datos del SIG de la Secretaría de Energía.

Tabla II.ii. Detalle de las Centrales Térmicas de la provincia de Santa Fe.

Departamento	Empresa	Grupo Empresario	Nombre Central	Potencia Instalada (MW)
9 DE JULIO	EPESF		TOSTADO	3,20
CASTELLANOS	CT RAFAELA – SECCO	INDUSTRIAS JUAN F. SECCO S.A.	RAFAELA	19,20
GENERAL LOPEZ	CT VENADO TUERTO – SECCO	INDUSTRIAS JUAN F. SECCO S.A.	V. TUERTO DELIV	19,20
	EPE SANTA FE GENERACION	EPE SANTA FE GENERACION	VENADO TUERTO	9,10
LA CAPITAL	CT BRIGADIER LOPEZ - ENARSA	ENERGÍA ARGENTINA S.A.	BRIGAD. LOPEZ	280,00
ROSARIO	CT SORRENTO	GENERACIÓN ROSARIO SA	SORRENTO	217,00
SAN CRISTOBAL	CT CERES - SECCO	INDUSTRIAS JUAN F. SECCO S.A.	CERES ENARSA	18,00
SAN LORENZO	CT VUELTA DE OBLIGADO	FIDEICOMISO VTA. OBLIGADO	VUELTA DE OBLIGADO	560,00
	TERMOELE. JOSE SAN MARTIN S.A	FIDEICOMISO CENTRAL TIMBUES	CT TIMBUES	865,10
			Total	1990,80

Fuente: elaboración propia según datos del SIG de la Secretaría de Energía.

Según datos de CAMMESA, para el periodo 2017-2022 la participación de la producción provincial es del 7,17% del total de la generación eléctrica del país (medida en Mwh).⁴

Dicho proceso está apuntalado por las máquinas térmicas, turbina a vapor, turbina de gas y motor diésel, que juntas concentran más del 99% de la generación que se realiza en la provincia.

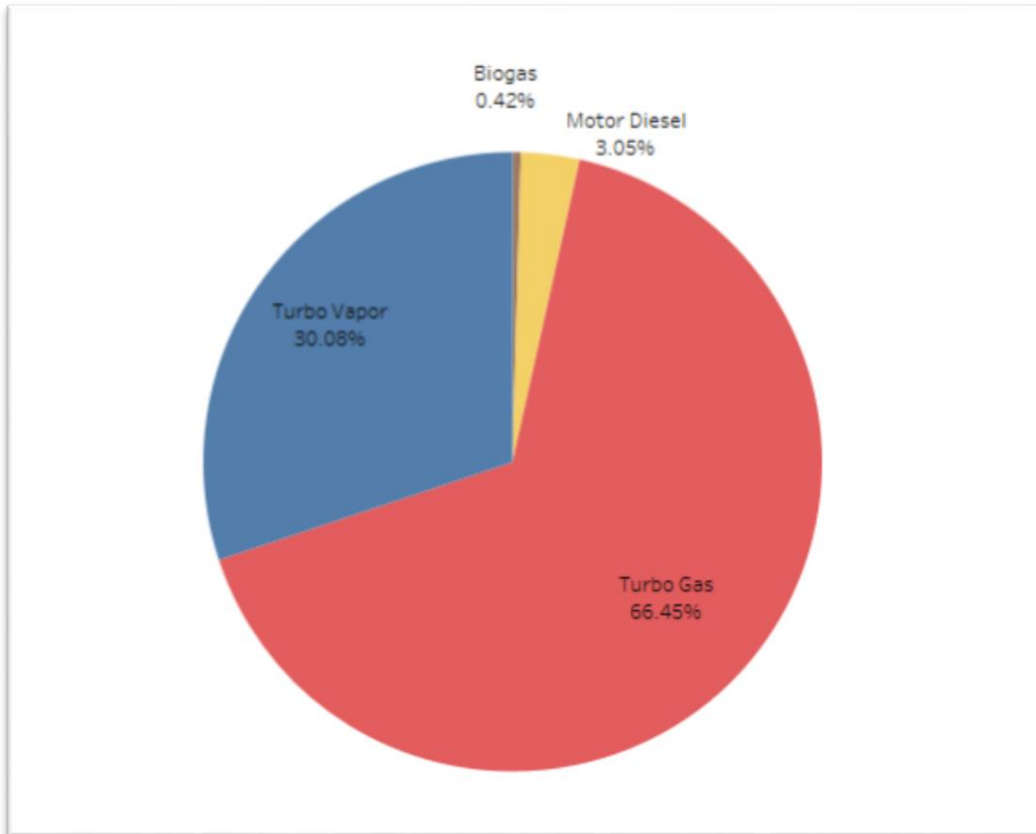


Fig. II.v. Generación eléctrica (Mwh) de la provincia de Santa Fe por tipo de fuente (2017-2022)

Fuente: elaboración propia según datos de CAMMESA.

Por su parte, en el marco del Programa RenovAr, en la Ronda 1 se adjudicaron dos proyectos a partir de generación de biogás por una potencia ofertada total de 2,6MW (CT San Pedro Verde y CT Biogás Ricardone). Durante la Ronda 2, se adjudicaron ocho proyectos a partir de biogás por un total de 19MW de potencia ofertada (CT Bella Italia, CT Recreo, CT Avellaneda, CT Venado Tuerto, CT Biocaña, CT del Rey, CT Don Nicanor, CT Bombal Biogás); un proyecto de generación de biogás a través de rellenos sanitarios por 3,12 MW de potencia (CT Ricardone II) y un proyecto de

⁴ Datos a junio de 2022.

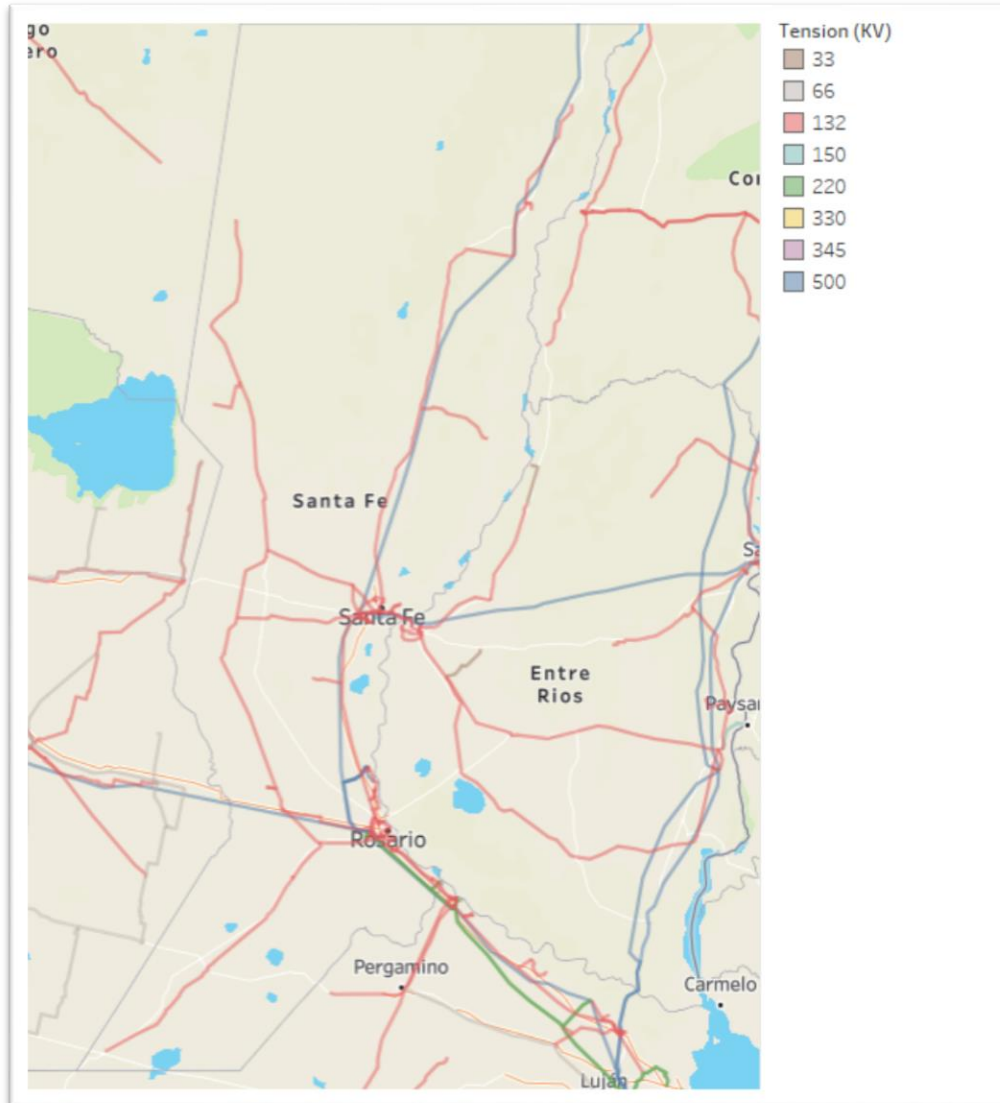
generación a partir de biomasa con una potencia ofertada de 7MW (CT Venado Tuerto).

Por otra parte, la empresa ENERFE está a cargo de la operación y mantenimiento del primer parque solar de la provincia, ubicado en la localidad de San Lorenzo al sur de la provincia, con una potencia instalada de 1 MW.⁵

II.iii.vi Red de transporte eléctrico

En el Mapa II.ix. se observa la densidad y la manera en que el sistema energético santafecino se encuentra altamente desarrollado y fuertemente interrelacionado con el resto del sistema eléctrico nacional a través de líneas eléctricas de muy alta tensión (500 Kv) y gran cantidad de líneas de tensiones menores de 220 Kv y 132 Kv.

⁵ <https://www.santafe.gob.ar/ms/enerfe/2021/05/21/solar/>



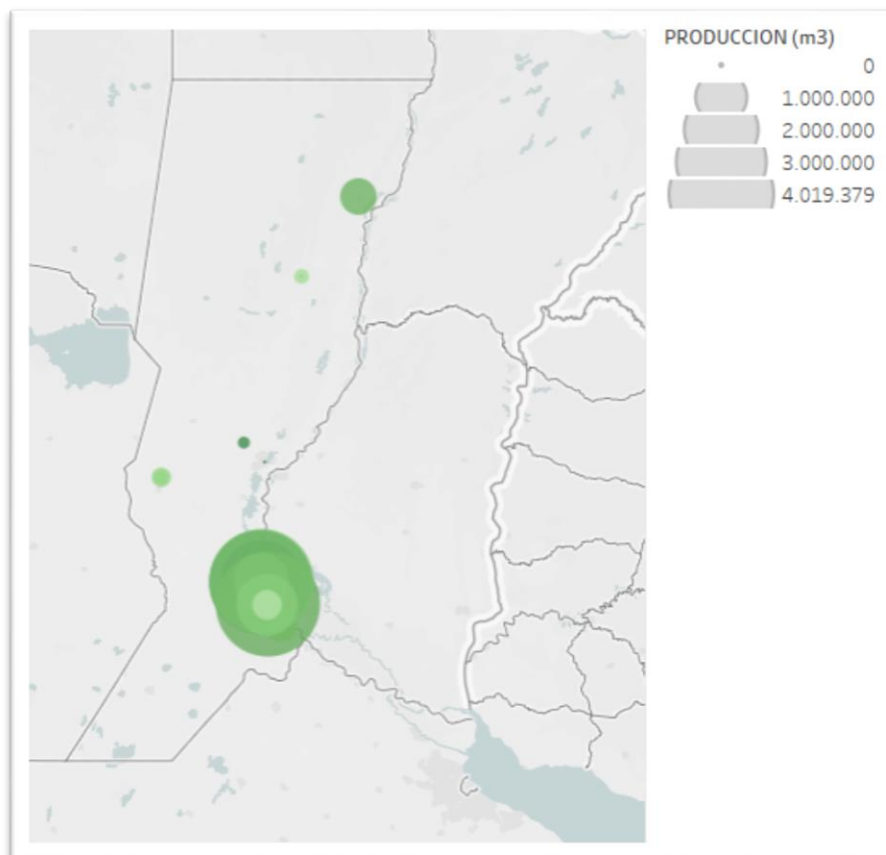
Mapa II.ix. Red de líneas de transporte AT/MT eléctrica de SF

Fuente: elaboración propia según datos de SIG Secretaría de Energía.

II.iii.vii Biocombustibles

Biodiesel

La producción de biodiesel de Santa Fe se concentra principalmente en los departamentos de Rosario, San Lorenzo y Gral. Obligado, (Mapa II.x) sobre la franja portuaria del río Paraná. La provincia ha aportado un 79,96% del total de la producción nacional de biodiesel para el periodo 2010-2022.⁶



Mapa II.x. Distribución geográfica de la producción de biodiesel (m³), provincia de Santa Fe 2010-2021.

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.

⁶ https://datos.gob.ar/dataset/energia-estadisticas-biodiesel-bioetanol/archivo/energia_a0939bc9-81c8-47c7-99d7-b11c4e7fc457

Tabla II.iii Producción mensual promedio (m3) por empresa, provincia de Santa Fe. 2010-2021.

EMPRESA	Producción mensual promedio (m³)	Ventas al Corte Prom. Mensual (m³)
RENOVA S.A.	27.634	1.048
L.D.C. S.A.	26.987	1.154
T 6 INDUSTRIAL S.A.	26.632	1.752
PATAGONIA BIOENERGIA S.A.	15.573	3.833
CARGILL S.A.	11.294	851
UNITEC BIO S.A.	8.458	5.491
COFCO ARGENTINA S.A. (EX NOBLE ARGENTINA S.A.)	8.421	550
MOLINOS RÍO DE LA PLATA S.A.	6.143	1.775
EXPLORA S.A.	5.538	4.889
NOBLE ARGENTINA S.A.	4.661	143
VICENTÍN S.A.I.C.	3.806	1.085
ESTABLECIMIENTO EL ALBARDON S.A.	3.566	3.524
ROSARIO BIOENERGY S.A.	3.566	3.607
CREMER Y ASOCIADOS S.A.	3.051	3.046
LATINBIO S.A.	3.006	3.011
DIFEROIL S.A.	2.624	2.594
ENERGÍAS RENOVABLES ARGENTINA S.R.L.	1.425	1.380
ENERGÍAS RENOVABLES ARGENTINA S.A.	1.390	1.246
BH BIOCOMBUSTIBLES S.R.L.	615	612
DOBLE L BIOENERGIAS S.A.	478	475
OLEAGINOSA MORENO S.A.	0	762
MOLINOS AGRO S.A.	0	1.149
BUNGE S.A.	0	576
ACEITE GENERAL DEHEZA S.A.	0	631

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.

Bioetanol

La producción de bioetanol en Santa Fe se produce a manos de dos empresas: por un lado, la empresa Bioenergías Agropecuarias S.A., dedicada a la transformación de la caña de azúcar en la localidad norteña de Villa Ocampo; y, por el otro, Vicentín S.A.I.C., dedicada a la transformación de maíz en la localidad de

Avellaneda. La provincia ha aportado desde 2010 el 5,71% de la producción nacional de bioetanol.

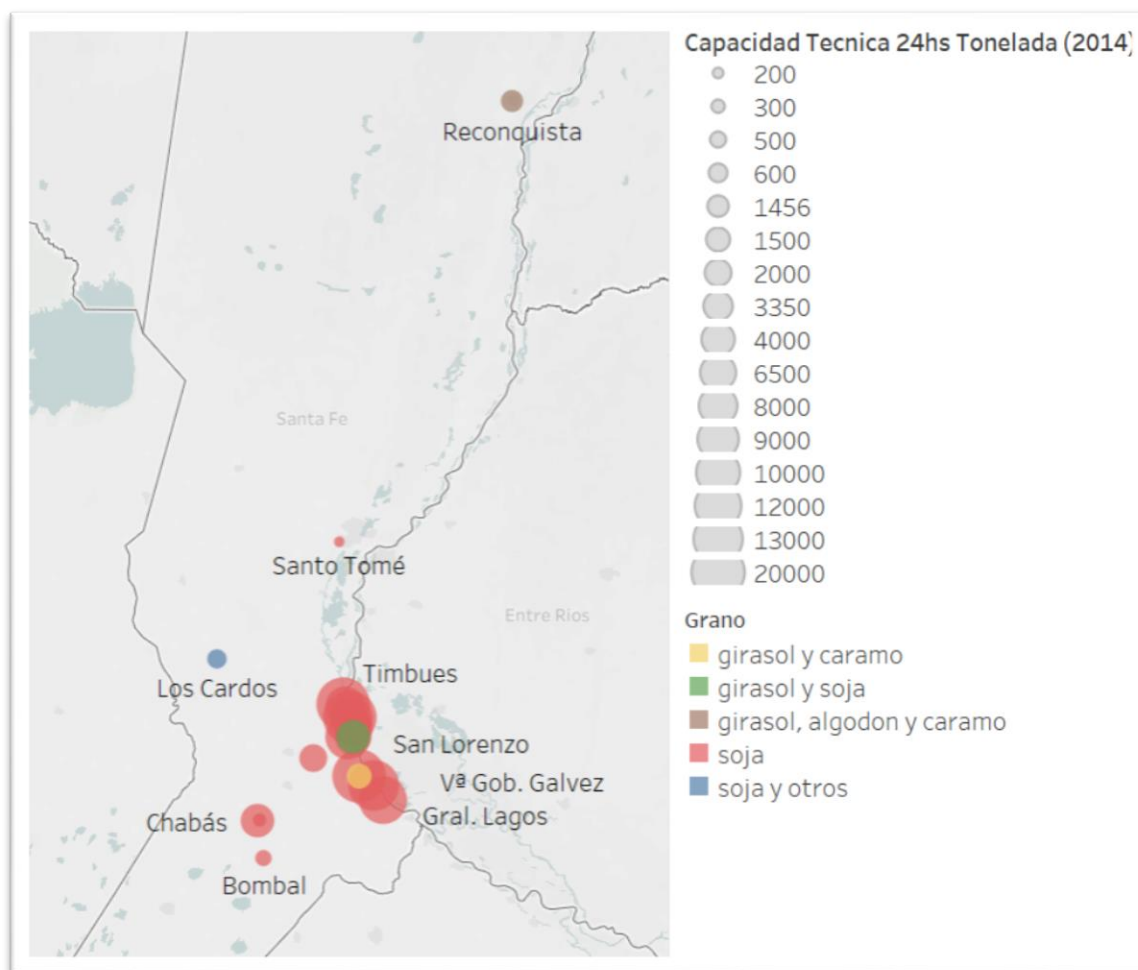


Mapa II.xi. Distribución geográfica de la producción de bioetanol (m3), provincia de Santa Fe 2010-2022.

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.

Refinación de aceite vegetal

Las plantas refinadoras de aceite vegetal se concentran en la zona sur de la provincia, en las localidades de San Lorenzo, Rosario, Gral. Lagos, Gob. Gálvez, Timbúes y principalmente para el tratamiento de soja y girasol como se indica en el Mapa II.xiii y la Tabla II.iv.



Mapa II.xii. Distribución geográfica de las plantas refinadoras de aceite vegetal, provincia de Santa Fe.

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.

Tabla II.iv. Capacidad técnica de procesamiento (Tn/día) de granos por plantas productoras de aceite vegetal, provincia de Santa Fe. 2014.

Grano	Localidad	Establecimiento	Capacidad Técnica Tn/día (2014)
Girasol y Caramo	Rosario	Molinos Rio de la Plata S.A.	1500
Girasol y Soja	San Lorenzo	Vicentin S.A.I.C. (Planta Ruta 12)	4000
Girasol, Algodón y Caramo	Reconquista	Buyatti S.A.I.C.A.	1456
Soja	Bombal	Tanoni Hnos. S.A.	500
Soja	Chabás	Aceitera Ricedal	300
Soja	Chabás	Aceitera Chabás S.A	4000
Soja	Gral. Lagos	LDC Argentina S.A.	12000

Soja	Pto. San Martín	Nidera Sociedad Anónima	6500
Soja	Pto. San Martín	Buyatti S.A.I.C.A.	3350
Soja	Pto. San Martín	Bunge Argentina S.A.	8000
Soja	Pto. San Martín	Terminal 6 Industrial SA	20000
Soja	Puerto S. Lorenzo	Oleaginosa San Lorenzo S.A.	10000
Soja	Puerto S. Lorenzo	Vicentín SAIC (Planta Puerto)	6500
Soja	Quebracho	Cargill SACI Pto.	9000
Soja	San Jerónimo Sur	Bunge Argentina S.A.	2000
Soja	San Lorenzo	Molinos Rio de la Plata S.A.	20000
Soja	Santo Tomé	Oleos Santafesinos S.A.	200
Soja	Timbúes	LDC Argentina S.A.	8000
Soja	Timbúes	Renova	20000
Soja	Villa Gob. Gálvez	Cargill SACI Pto.	13000
Soja y otros	Los Cardos	AFA (Agríc. Federados Args.)	600

Fuente: elaboración propia según datos de la Secretaría de Energía.

II.iv. Consumo de energía en la provincia de Santa Fe

ii.iv.i Consumo Final de Energías Primarias y Secundarias por Sector

Según los datos de CPCE (2007) –el último estudio disponible en la materia– la distribución por sectores muestra que el sector industrial consume el 42% del total; el sector de transporte el 29%; el sector residencial el 14%; el sector agropecuario el 12%, y los sectores comercial y público solamente el 3% de la energía total de la provincia (ver Fig. II.vi).

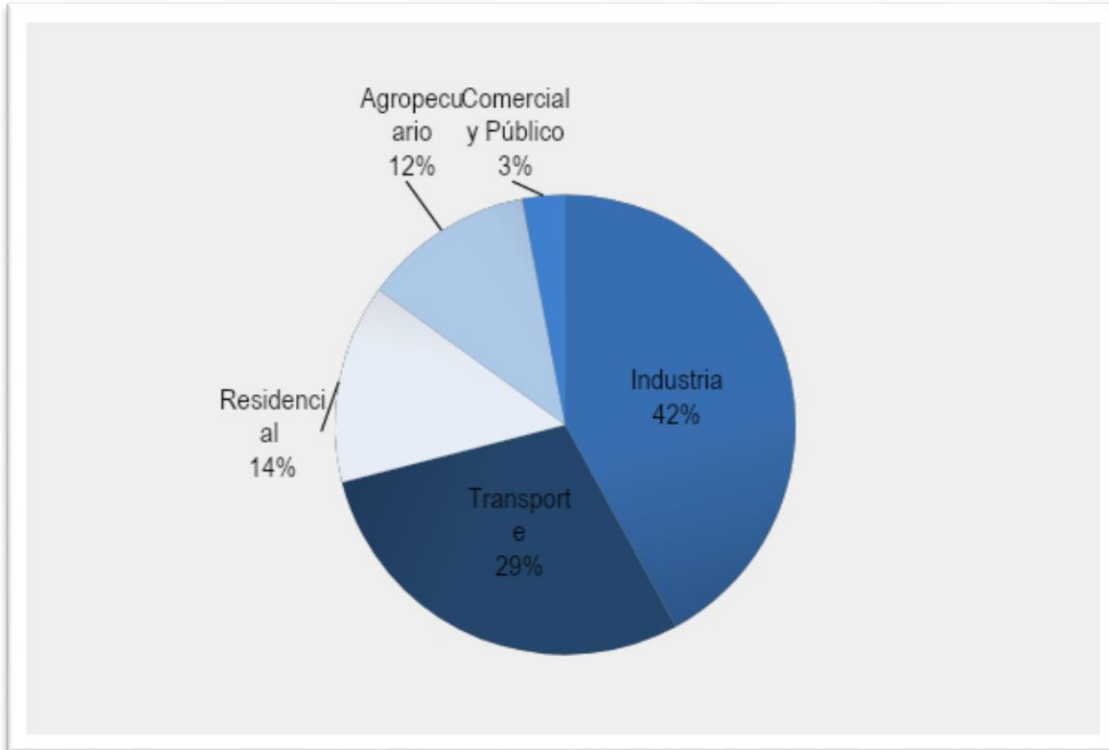


Figura. II.vi. Consumo final de energía por sector, provincia de Santa Fe. Año 2007.

Fuente: elaboración propia según datos de CPCE (2007).

En lo que refiere a energías secundarias, en la Fig. II.vii. se observa que el consumo mayoritario de la provincia se concentra en el gas distribuido por redes (46,35%), el diésel y el gasoil (28,30%) y la electricidad (15,9%).

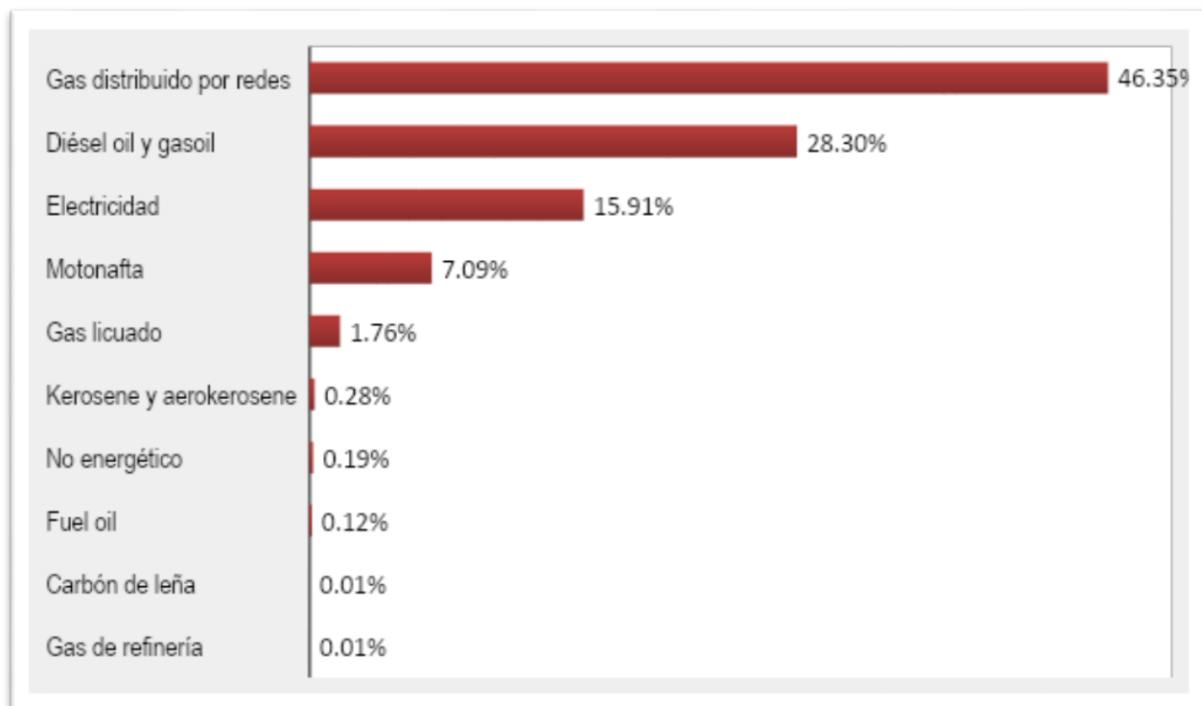


Figura II.vii. Consumo final de energías secundarias, provincia de Santa Fe.

Fuente: elaboración propia según datos de CPCE (2007).

Consumo industrial

Como se mencionó más arriba, el sector industrial consume el 42 % del total del consumo energético final en Santa Fe de energía, tanto primaria como secundaria. Del total del consumo industrial, medido en kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep), el 74,64% (1.370,8 ktep) proviene del gas natural y el 24,6% (451,8 ktep) por la electricidad. El 0,7% restante es aportado por bagazo (8,2 ktep), fuel oil (4,9 ktep), gas licuado (0,3 ktep) y leña (0,3 ktep) (ver Fig. II.viii).

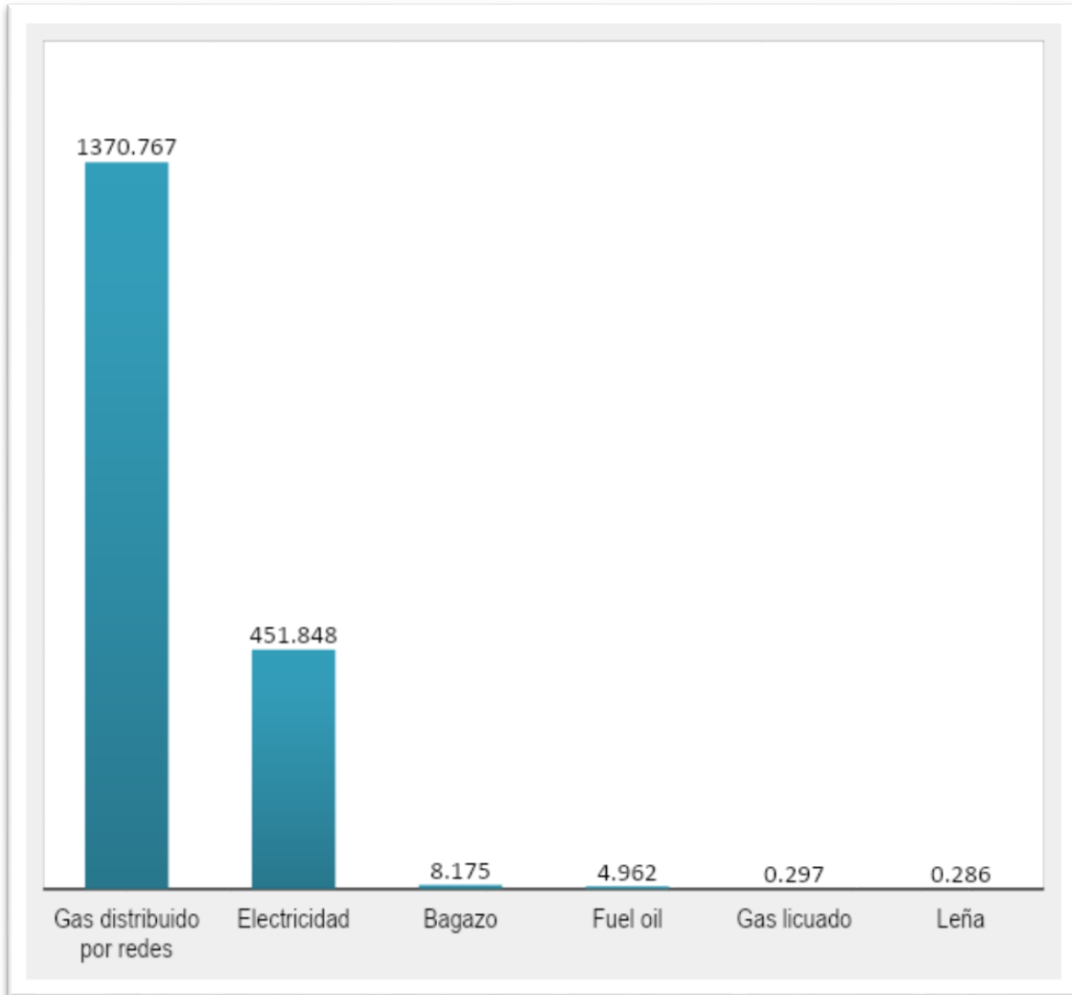


Figura II.viii. Consumo energético (ktep) del sector industrial según fuente, provincia de Santa Fe. Año 2007.

Fuente: elaboración propia según datos de CPCE (2007).

En efecto, se observa que la industria santafesina es fuertemente dependiente del gas natural de manera directa y también indirecta, a través de la energía eléctrica producida a partir del mismo. Semejante dependencia obliga a generar programas de contingencia para enfrentar situaciones de complejidad y criticidad crecientes. En la Tabla II.v. se presenta el detalle del gas entregado a grandes usuarios industriales según rama de actividad.

Tabla II.v. Gas entregado a grandes usuarios Industriales por rama productiva (miles de m3 de 9300kcal, provincia de Santa Fe. Año 2014.

	Gas entregado (miles de m3 de 9300 kcal)	%
Aceitera	565.491	37,13%
Siderurgia	401.361	26,35%
Petroquímica	150.792	9,90%
Química	97.994	6,43%
Alimenticia	75.522	4,96%
Celulósica y Papelería	61.742	4,05%
Destilería	60.056	3,94%
Metalúrgica ferrosa	30.937	2,03%
Frigorífica	27.284	1,79%
Resto	51.913	3,41%

Fuente: elaboración propia según datos de CPCE (2007).

Transporte

El sector transporte es el segundo consumidor de energía con un total de 1.245 Ktep (correspondiente a 2006). Aquí se observa el importante peso del diésel oil, gasoil y la motonafta, a la vez que es poco significativo el peso del kerosene y aerokerosene en este segmento (Fig. II.ix). Por otra parte, CPCE (2007) identificó que cerca del 45,56% del gasoil consumido en Santa Fe proviene desde los Intercambios con otras provincias.

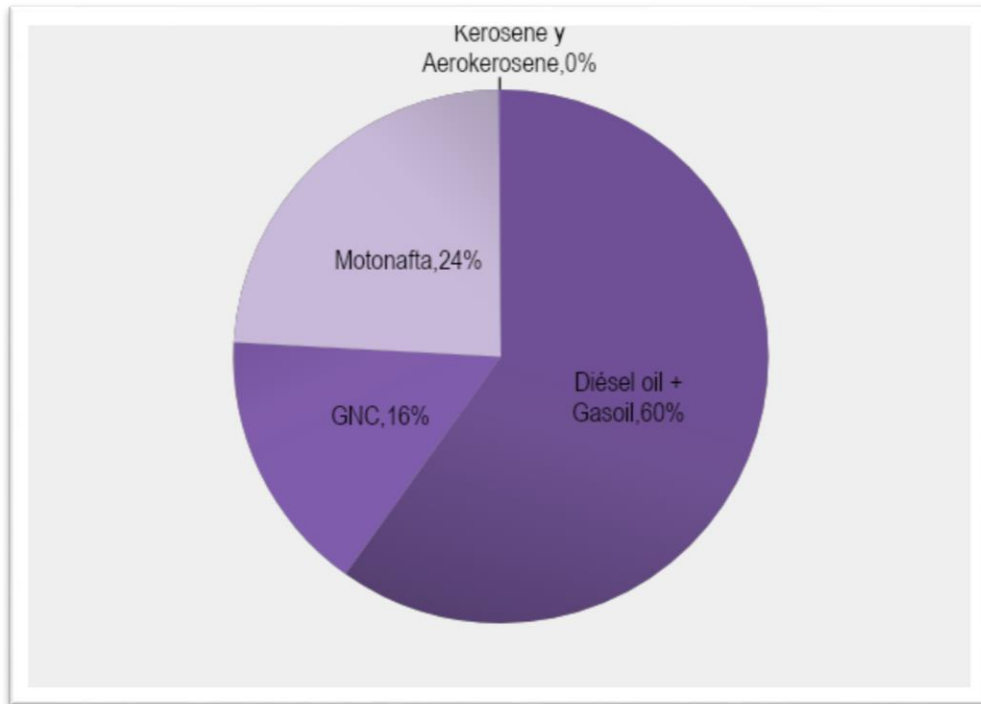


Fig. II.ix. Consumo energético (ktep) del sector transporte según fuente, provincia de Santa Fe. Año 2007.

Fuente: elaboración propia según datos de CPCE (2007).

Sectores residencial, comercial y público

Los sectores residencial, comercial y público consumen agrupados unas 735 mil ktep, lo cual equivale al 16,94% de la energía consumida en la provincia (según valores de 2006). Mediante la Fig. II.x. se observa que el gas distribuido por redes representa aproximadamente el 57% del total del consumo, seguido por la electricidad en el segundo lugar con un 31,36% y el gas licuado, en tercer lugar, de importancia, con el 10,22% (CPCE, 2007).

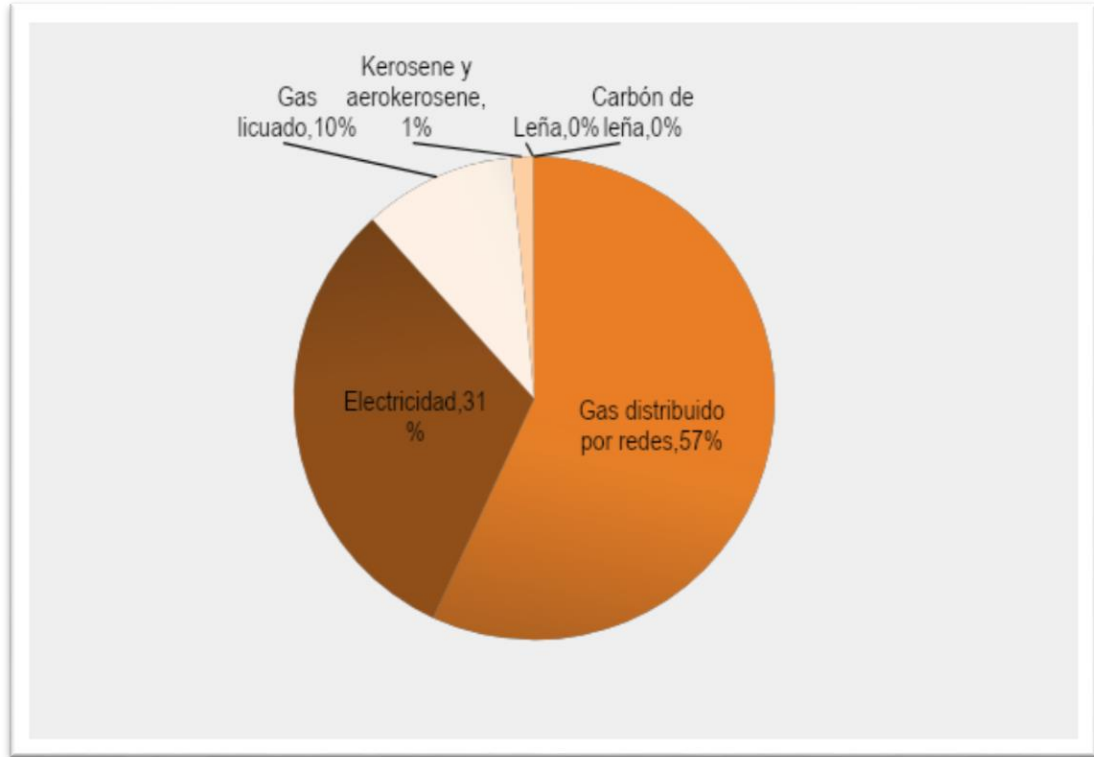


Fig. II.x. Consumo energético (ktep) del sector residencial, comercial y público según fuente, provincia de Santa Fe. Año 2007.

Fuente: elaboración propia según datos de CPCE (2007).

Estos tres sectores consumen el 21% del total de gas consumido en la provincia, mientras que aproximadamente el 69% del total de gas consumido corresponde a la industria, el resto se atribuye a consumo en transporte. A su vez, solamente el sector residencial se consume el total del carbón de leña y también prácticamente la totalidad de la leña disponible para consumo final. Por último, los sectores residencial, comercial y público aglutinan el 33,76% del consumo eléctrico de la provincia, mientras que la industria representa el 66,23% del total de electricidad consumida en Santa Fe (según valores de 2006) (CPCE, 2007).

Sector agropecuario

Este sector concentra solo el 11,77% del consumo energético final de Santa Fe, de los cuales un 7,47% corresponde al consumo de otras fuentes primarias como en el caso de la energía generada por los molinos de viento y por el aprovechamiento de los residuos pecuarios.

Otra parte del consumo energético rural corresponde al diésel Oil utilizado por la maquinaria vinculada a las actividades agropecuarias. Según CPCE (2007), se estima que el consumo de diésel en este sector Agropecuario alcanza un 92,52% del consumo total, mientras que también existe una pequeña fracción de consumo de electricidad que apenas representa un 0,009% del consumo total.⁷

II.v El complejo bioeconómico

II.v.i Delimitaciones geográficas. Las Regiones

El Programa ECORREGIONES del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) identifica que dentro de la provincia es posible diferenciar tres regiones fisiográficas: una Pampeana al sur, otra Chaqueña al norte y una Chaco-Pampeana en el centro provincial (Castignani, 2011).

La región Pampeana Sur tiene un régimen climático favorable y el grueso de su extensión dispone de suelos de buena aptitud natural para las producciones agrícolas, especialmente con cultivos como trigo, maíz, soja y girasol. Asimismo, esta región es óptima para el desarrollo ganadero por sus pasturas de calidad que, en conjunto con las grandes extensiones de tierra, permiten que el ganado se críe a campo. El sector Centro presenta una mayor variabilidad climática y de suelos en donde la agricultura se integra a los sistemas mixtos basados en la ganadería lechera y/o de invernada. Es en este sector donde se ubica alrededor del 31% de la producción láctea nacional y el 50% de la producción de carne bovina de la provincia. Por último, el Norte provincial tiene menores superficies con suelos aptos para la agricultura; la ganadería predominante es la cría, y con menor intensidad la recría y la invernada. Su clima templado-cálido permite el desarrollo, entre otros cultivos, de algodón, soja, el girasol y caña de azúcar.

⁷ Buena parte del consumo de diésel oil contabilizado dentro del consumo del sector transporte corresponde al traslado de los granos y, por ende, éste no se contabiliza dentro del consumo agropecuario (CPCE, 2007).

Tabla II.vi. Características de las regiones que componen la provincia de Santa Fe.

	RAFAELA	VERA	RECONQUISTA	AREQUITO
Localización	Comprende los departamentos Castellanos, Las Colonias, La Capital y San Justo, ubicados en el Centro de la Provincia y ocupa 21.596 ha.	Comprende los departamentos Vera, San Javier y Garay, ubicados en el Norte y Centro-Norte de la provincia.	Comprende los departamentos Nueve de Julio, Gral. Obligado y San Cristóbal, ubicados en el Norte y el Centro-Norte de la provincia.	Comprende el Sur y Centro-Sur de la provincia, e incluye los departamentos Constitución, Rosario, San Lorenzo, Gral. López, Caseros, Belgrano, Iriondo, San Martín y San Jerónimo.
Radicaciones agroindustriales	Alimentos, lácteos, autopartes y metalmecánica. Industrias elaboradoras de productos lácteos. empresas generadoras de insumos y maquinarias. Frigoríficos, y plantas de industria del cuero. Molienda de trigo, y producción aceitera, frigorífica y láctea.	Arroz Frutas y hortalizas.	Actividad industrial diversificada (aceitera, jugos frutales, forestal, algodón y caña de azúcar. Pocas industrias lácteas y frigoríficas.	Núcleo fabril. Plantas de oleaginosas para molienda. Industria láctea. Industria siderúrgica, petroquímica, química, textil y de maquinaria agrícolas
Principales Producciones Agropecuarias	Tambora	Ganadería bovina de carne (cría, recría y engorde-feed lots). Arroz, soja, girasol, trigo, maíz y sorgo. Lechería. Aprovechamiento del monte (leña, carbón,	Ganadería (pastizales) cultivos de verano: soja, algodón, sorgo y girasol.	Soja, maíz y trigo. En menor proporción ganadería, cría de porcinos y ovinos

		postes, varillas, maderas), cría de animales menores (caprinos y ovinos)		
Uso del Suelo y Existencias Ganaderas	Soja , trigo, maíz, sorgo y avena, lino. Ganado vacuno	Arroz, soja, maíz y trigo	Soja y girasol. En menor medida maíz, sorgo, trigo y algodón.	Soja, maíz y trigo. Cebada cervecera. Otros cultivos de menor importancia avena, sorgo y girasol. Ganadería vacuna, porcina, ovina y equina.

Fuente: elaboración propia en base a Castignani, 2011.

Descentralización

A fin de mejorar la gestión del territorio, a partir de 2008 la provincia de Santa Fe, en un proceso de descentralización administrativa, se dividió territorialmente en 5 regiones en el marco del Plan Estratégico Provincial 2030. La Regionalización permite integrar territorios anteriormente desconectados, y equilibrar las capacidades del Estado en toda la provincia a partir de tres pilares: Descentralización, Planificación estratégica y Participación ciudadana y concertación. Cada región posee un Nodo y cada uno de estos un Centro Cívico. Las cinco regiones en las que se organizó se describen en la Tabla II.vii.

Tabla II.vii. Regiones que componen la provincia de Santa Fe.

NODO	SUPERFICIE	HABITANTES (2010)	MUNICIPIOS Y COMUNAS
Región 1 – Nodo Reconquista	35.507 km ²	241.463	37
Región 2 - Nodo Rafaela	40.211 km ²	305.957	96
Región 3 - Nodo Santa Fe	25.813 km ²	777.877	97
Región 4 - Nodo Rosario	18.335 km ²	1.662.383	96
Región 5 – Nodo Venado Tuerto	12.772 km ²	206.857	36

Fuente: Elaboración propia en base a Provincia de Santa Fe, 2011.

II.v.ii Principales sectores productivos

De acuerdo con el Plan Estratégico Provincial 2030 (Provincia de Santa Fe, 2011), la estructura productiva de la provincia se puede agrupar en cinco sistemas:

- el sistema de agroalimentos y biocombustibles
- el sistema metalmecánico, químico y otras manufacturas
- el sistema de empresas de base tecnológica
- el sistema de turismo, comercio y servicios
- el sistema hídrico, forestal y minero.
- A su vez, estos sistemas se identifican y organizan en cadenas de valor.

Los principales sectores productivos provinciales que fueron objeto de análisis por parte de la Subsecretaría de Programación Microeconómica (Ministerio de Hacienda de la Nación, 2017) en el año 2017 son:

- Oleaginosas: soja
- Ganadero bovino
- Lácteo
- Cereales: trigo y maíz
- Maquinaria Agrícola
- Siderurgia
- Automotriz y Autopartes

OTROS SECTORES

- Petroquímica - Plástica
- Hidrocarburos
- Software

Oleaginosas: soja

De acuerdo con la Información de la Subsecretaria de Programación Microeconómica (ídem), la soja es la principal oleaginosa cultivada en Argentina. Sobresale, ampliamente, con una participación cercana al 93%. Le sigue en importancia el girasol, con una participación del 5,3%. Santa Fe ocupa el tercer lugar luego de Buenos Aires y Córdoba como productora de granos de soja, principal oleaginosa cultivada (14,1%). Sin embargo, concentra la mayor parte de las aceiteras del país, con una contribución del 87,6% en la producción de aceite y subproductos de soja (Porta y Baruj, 2019, p.5).

En 2018, la producción ocupó el 2° lugar entre los granos, superada por el maíz. Esto se explica por la retracción en el área sembrada con soja de los últimos años y las condiciones climáticas adversas con gran impacto sobre la producción de la última campaña.

El complejo sojero se organiza con un marcado perfil exportador, a partir de la industrialización de la producción primaria del grano. Constituye la principal cadena exportadora (Figura II.xi) del país (cercana al 25% del total de las exportaciones en 2018), superando a la cadena cerealera y a la automotriz.

El eslabón primario involucra una gran cantidad de productores con una composición heterogénea. En particular, se destaca un reducido grupo de gran tamaño que explica cerca del 50% de la producción. Es representativo de la agricultura a gran escala y se ha consolidado como un actor de relevancia en las últimas décadas. El modelo de organización de la producción se basa en una red

de contratos, que consiste en arrendamiento de tierras ajenas, alquiler de equipos y maquinarias, uso masivo de nuevas tecnologías de proceso como la siembra directa y el doble cultivo anual, y nuevos paquetes de insumos en base a semillas genéticamente modificadas, herbicidas asociados y fertilizantes.

En la industria existe una alta concentración, 5 de las 45 empresas productoras de aceites concentran el 52,7% de la capacidad instalada de molienda. Muchas empresas se integran con actividades que, en general, se ubican aguas arriba de la cadena: producción de semillas, siembra de oleaginosas en campos propios y producción de fertilizantes. Asimismo, la mayoría posee plantas de almacenamiento de granos y terminales portuarias propias, para la comercialización y exportación de granos, aceites y harinas proteicas.

Del total de la producción de aceite crudo de soja, más del 60% se destina a la exportación, el resto a la producción de biodiesel y a la refinación (tanto para consumo doméstico como para otras industrias).

Los residuos o subproductos de la industria aceitera (harinas proteicas y tortas) se procesan y transforman en pellets para la elaboración de alimentos balanceados para el consumo animal, que se destinan en un 87% al mercado externo.

En el comercio externo operan los principales *traders* mundiales (Cargill, ADM, Bunge, COFCO -ex-NIDERA-, Dreyfus), grandes empresas nacionales como AGD, Vicentin, Molino Cañuelas, algunas de tipo cooperativo, como ACA y AFA, y otras pocas nacionales de menor envergadura.

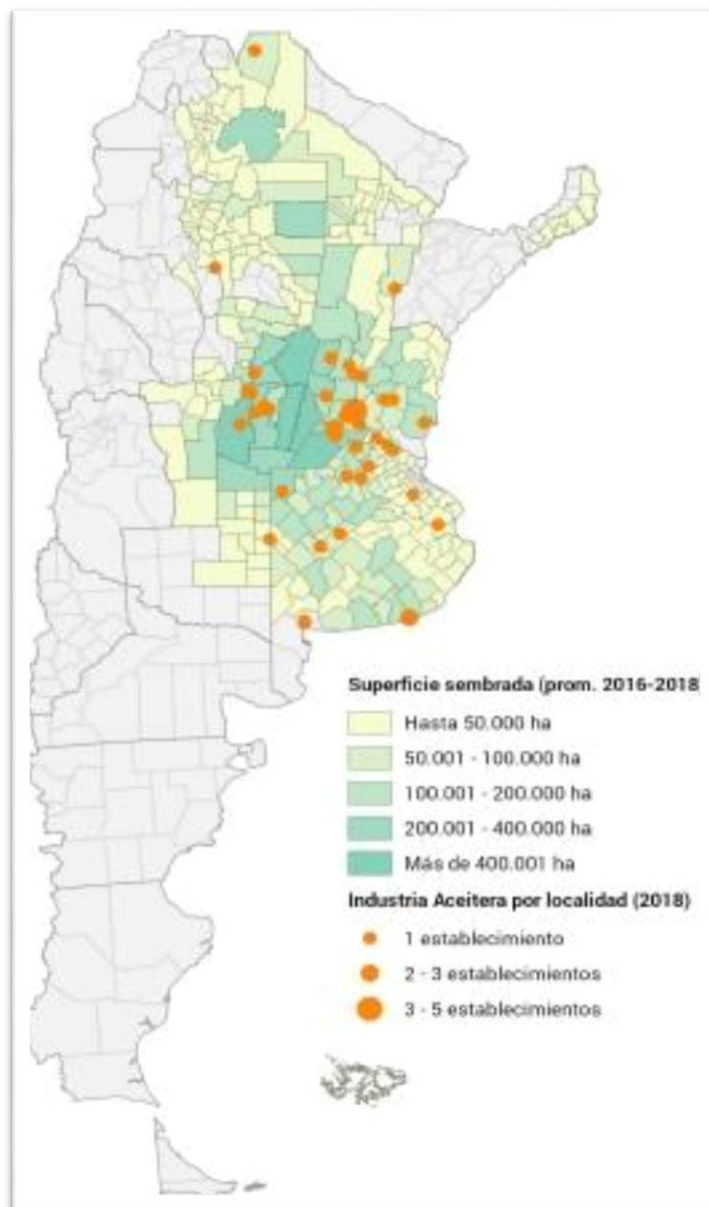
Argentina ocupa el 3° lugar a nivel mundial del total comercializado de porotos de soja y es el primer exportador de harinas y aceites. Entre los destinos se destaca China como el principal comprador de porotos (más del 90% del total) e India, con compras de aceite de soja cercanas al 45% del total. En harinas y pellets, las exportaciones se encuentran más distribuidas: sobresalen Vietnam (12%), Indonesia (10%), Argelia (6%) y países de la UE. El biodiesel se destina principalmente a Países Bajos, con cerca del 60% de las ventas, luego de que EEUU (importante mercado) impusiera una serie de restricciones comerciales.

Configuración territorial

En la provincia de Santa Fe la mayor parte de la superficie sembrada se concentra en los departamentos del centro – sur, que configuran conjuntamente con el norte de la provincia de Buenos Aires y el este de Córdoba la región núcleo (ver Mapa II.xiii).

La producción de este cultivo ha tenido un fuerte crecimiento a nivel mundial como fuente de alimentación del ganado en los países asiáticos, ante un consumo creciente de carne animal, por la mejora de los ingresos medios de su población.

Adicionalmente, la demanda de aceites ha crecido acompañando a la expansión de la producción de biocombustibles (biodiesel).



Mapa II.xiii Localización de la producción de soja y establecimientos industriales. Promedio 2016-2018.

Fuente: Sistema de Información Simplificado Agrícola, 2021.

El Sistema de Información Simplificado Agrícola (SISA) en su informe sobre SOJA 2020-2021, analiza en más detalle la ubicación geográfica de los establecimientos registrados, observando que Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, son las provincias donde se informó mayor superficie sembrada para Soja 20/21, representando 30,46%, 26,90% y 18,08%, respectivamente. Entre las tres provincias representan el 75,43% de la superficie sembrada declarada total (Sistema de Información Simplificado Agrícola, 2021). La totalidad de los productores y superficies registradas por provincias se detalla en la Tabla II.viii.

Tabla II.viii. Superficie sembrada de soja por provincia. Año 2021.

Provincia	Cantidad Productores	Superficie	% Superficie	% Acumulado	% Superficie 19-20	Diferencia entre campañas
Buenos Aires	18.158	4.206.927	30,46%	30,46%	30,47%	-0,01%
Córdoba	14.532	3.174.112	22,99%	57,36%	26,99%	-0,09%
Santa Fe	17.358	2.496.499	18,08%	75,44%	17,45%	0,63%
Santiago del Estero	1.296	994.374	7,20%	82,64%	6,99%	0,21%
Entre Ríos	3.571	924.476	6,69%	89,33%	6,78%	0,09%
Chaco	1.231	451.394	3,27%	92,60%	3,08%	0,19%
La Pampa	1.272	383.064	2,77%	95,38%	2,90%	0,13%
salta	301	252.254	1,83%	97,20%	2,18%	-0,35%
San Luis	419	192.920	1,40%	98,60%	1,79%	-0,39%
Tucumán	249	130.960	0,95%	99,55%	0,95%	0,00%
Catamarca	75	32.502	0,24%	99,78%	25,00%	-1,00%
Formosa	15	9.982	0,07%	99,86%	7,00%	0,00%
La Rioja	1	9.300	0,07%	99,92%	s/d	s/d
Corrientes	16	5.323	0,04%	99,96%	4,00%	0,00%
Jujuy	13	5.267	0,04%	100,00%	5,00%	-0,01%
Río negro	1	64	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	58.518	13.809.328	100,00%			

Fuente: Sistema de Información Simplificado Agrícola, 2021.

Cabe resaltar que el número total de productores es 55.814. Sin embargo, el total del cuadro es mayor dado que existen productores que producen en más de una provincia.

La importancia relativa de cada una en el total del país ha cambiado muy levemente, con un leve aumento de la superficie declarada en Santa Fe y prácticamente sin variación en Buenos Aires y Córdoba.

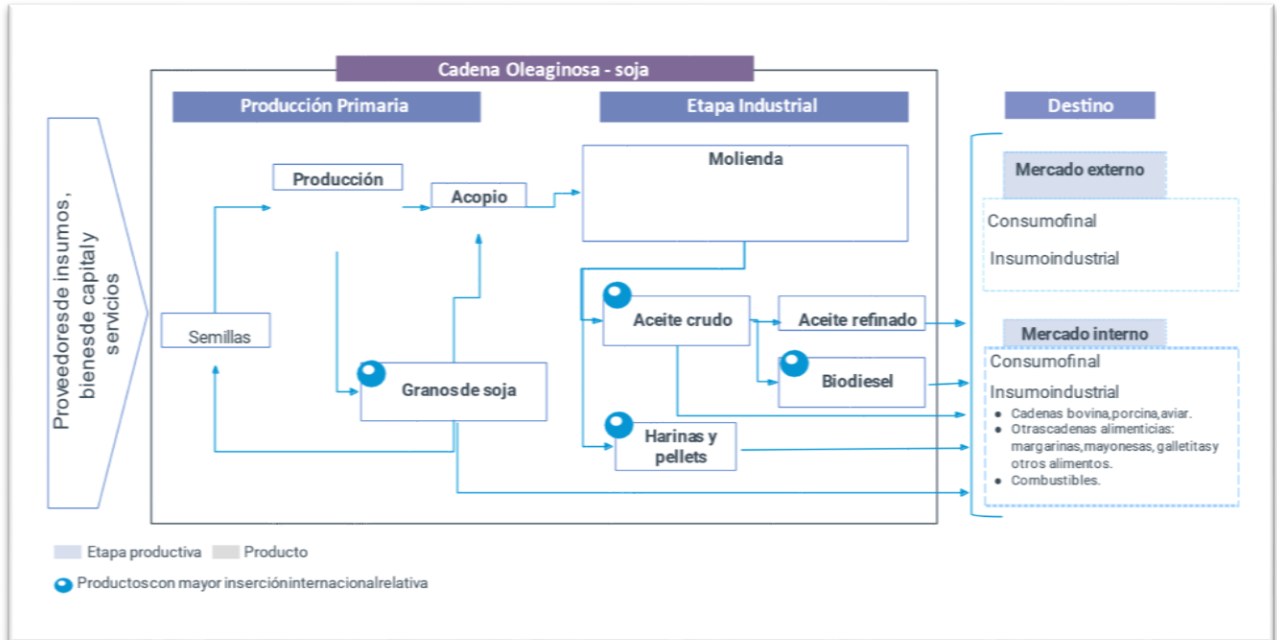


Fig. II.xi Esquema de la cadena de la soja.

Fuente: Ministerio de Hacienda de la Nación, 2019b.

Cereales: trigo y maíz

Santa Fe conforma, junto con Buenos Aires y Córdoba, la región cerealera tradicional del país, dado que explica más del 80% en el caso del trigo y cerca del 70% en maíz. Santa Fe exclusivamente, explica el 16% de la producción de maíz y el 10% de la producción de trigo a nivel nacional (Porta y Baruj, 2019).

Configuración territorial

En la provincia de Santa Fe la mayor parte de la superficie sembrada con cereales, al igual que en las oleaginosas, se concentra en los departamentos del centro-sur. En particular, el departamento de General López se destaca tanto en la producción de maíz como de trigo. En el caso del trigo, los molinos harineros se concentran cerca de los centros urbanos.

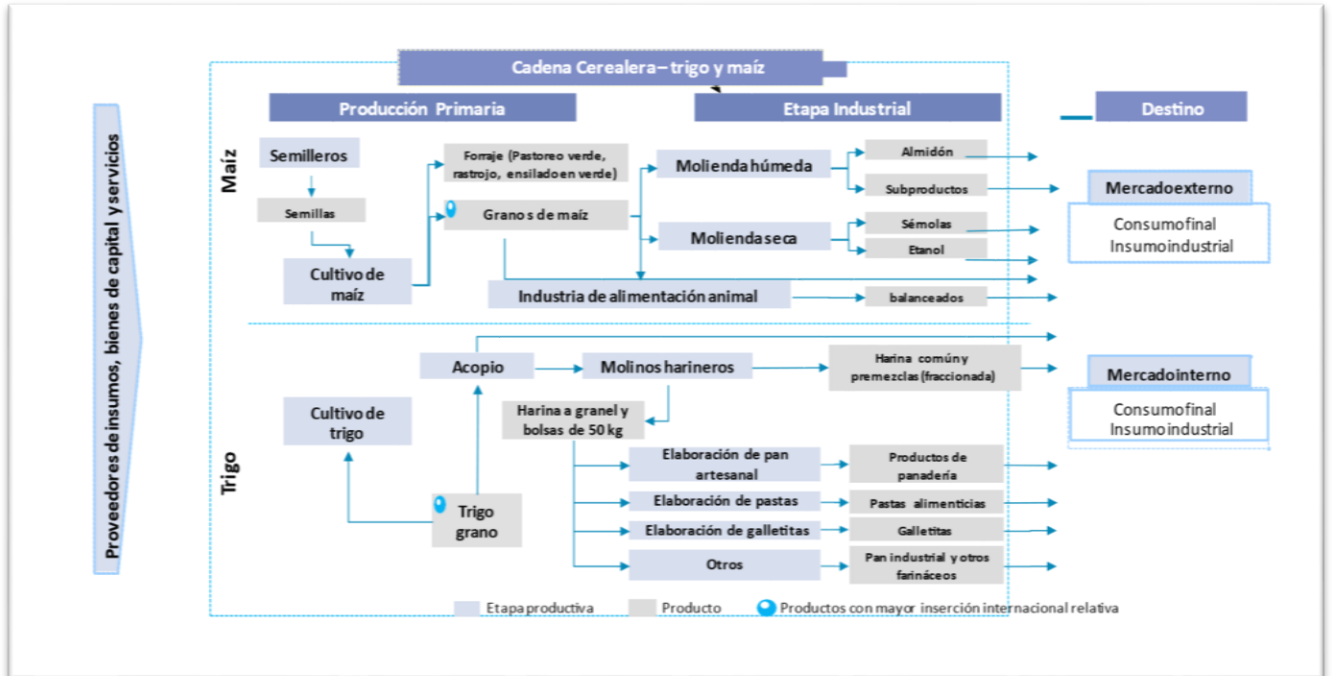


Fig. II.xii. Esquema de la cadena cerealera-trigo y maíz.

Fuente: Ministerio de Hacienda de la Nación, 2017.

Cadena del maíz

El informe sobre cadenas de valor (Figura II.xii) elaborado por la Subsecretaría de Programación Económica (Ministerio de Hacienda de la Nación, 2019) señala que la producción de maíz en 2018 se ubicó en el primer lugar entre los granos, superando a la soja. Esto se explica por el dinamismo del sector de los últimos años y las condiciones climáticas adversas con gran impacto sobre la producción de soja.

Si se considera el promedio de los últimos 5 años de la producción de granos argentinos, el maíz ocupa el 2° lugar (cerca de 40 millones de toneladas), después de la soja (53 millones de toneladas).

El complejo maicero (Figura II.xiii) se organiza a partir de la producción primaria del grano. Luego, se presentan sucesivas etapas de transformación hasta el producto final. A diferencia de otros granos, la gran heterogeneidad de productos y tecnológica son características de esta cadena (diferentes tipos de molienda y destinos de la producción).

En la campaña 2017/2018, se registró un fuerte descenso de la producción debido a problemas climáticos que afectaron a la región productora. La producción

fue de 43,5 millones de tn (-12,2% i.a.). La campaña anterior, 2016/17, había alcanzado un máximo de 49,5 millones de toneladas (+24,3% i.a.), asociado a una mejora en la rentabilidad que permitió un avance en el área sembrada. Córdoba concentraba el 32,7% de la producción del país, seguida por Buenos Aires (26,2%), Santa Fe (11,7%) y Santiago del Estero (9,7%).(Mapa xiv)

El eslabón primario muestra una composición de actores heterogénea dentro del complejo. Involucra a una gran cantidad de productores, de diversos tamaños, características de las explotaciones y formas de tenencia de la tierra (productores pequeños y medianos, arrendatarios, grandes *pooles*, propietarios de gran dimensión).

La alta participación de las exportaciones de granos de maíz muestra un desarrollo relativamente bajo de la molienda. En el mercado interno, el consumo animal tiene una participación del 39%, donde el segmento de alimentos balanceados (aves, vacuno, cerdos, etc.) ha tenido un fuerte crecimiento en los últimos años.

Al igual que con la soja, en el comercio externo operan los principales *traders* mundiales (Cargill, ADM, Bunge, COFCO -ex-NIDERA-, Dreyfus), grandes empresas nacionales como AGD, Vicentin, Molino Cañuelas, otras de tipo cooperativo, como ACA y AFA, y otras pocas nacionales de menor envergadura. En 2018 se registró un aumento de las exportaciones (9,2%), por el leve aumento de los precios. Argentina ocupa el 3° lugar a nivel mundial con el 16,6% del total comercializado. Su principal destino es Vietnam, seguido por Argelia y Egipto.

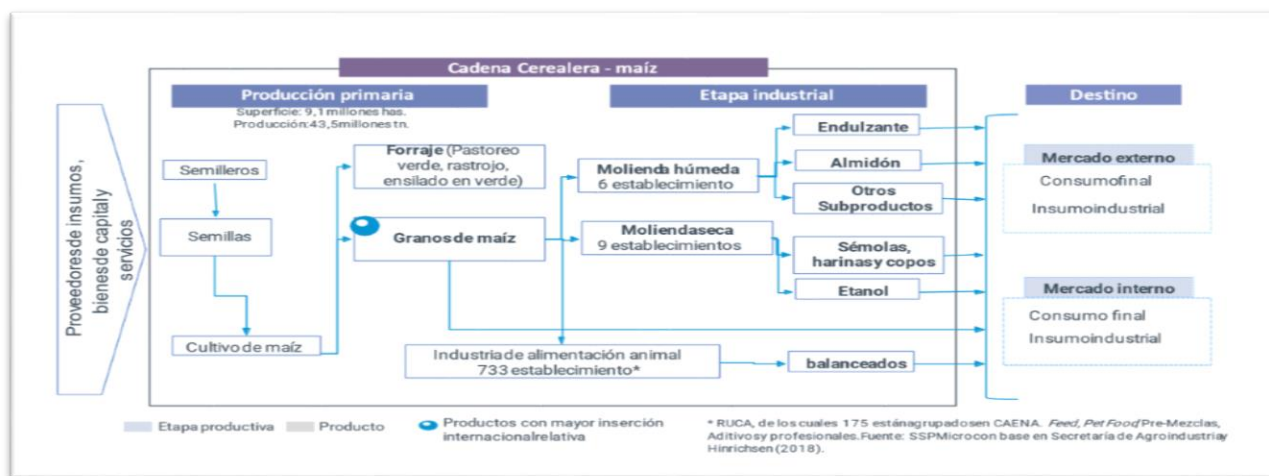
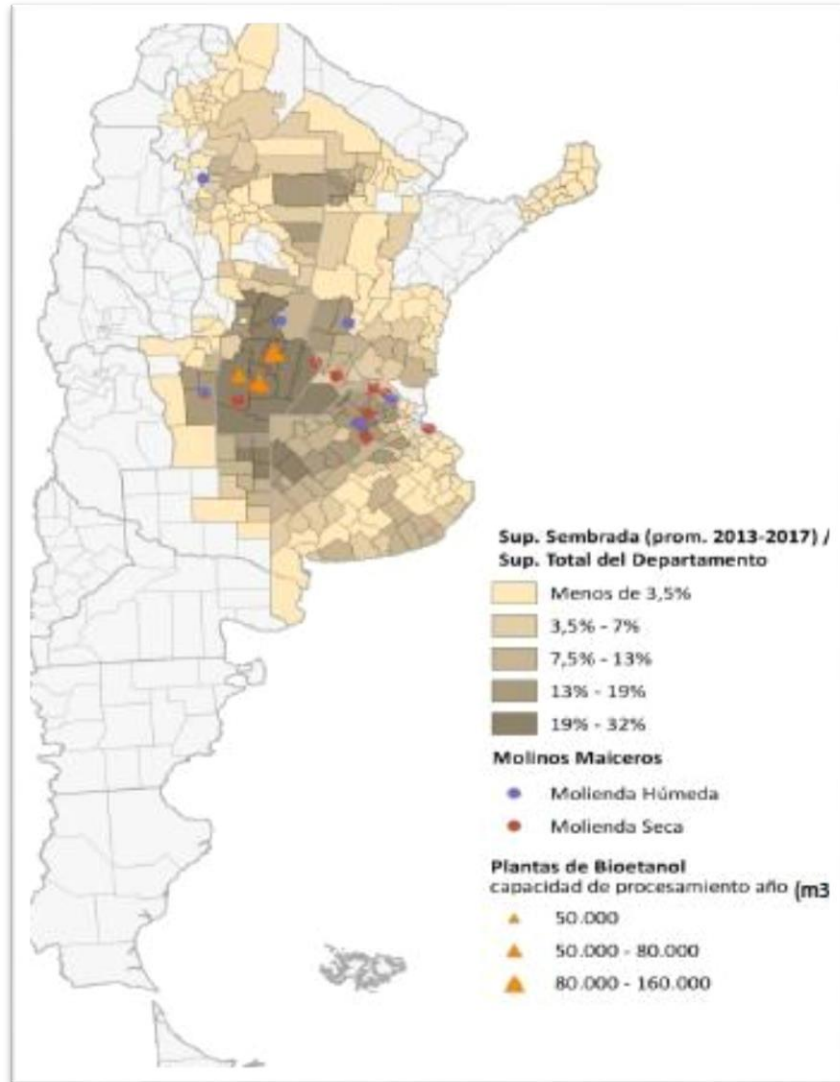


Fig. II.xiii. Esquema de la cadena -del maíz.

Fuente: Ministerio de Hacienda de la Nación, 2017.



Mapa II.xiv Localización de la producción de maíz y establecimientos industriales. Promedio 2014-2018.

Fuente: Ministerio de Hacienda de la Nación, 2019.

Ganadería

Ganadero bovino-Configuración territorial

Las condiciones agroecológicas de la provincia y el desarrollo comercial en torno a sus puertos permitieron el desarrollo de la ganadería bovina a lo largo de toda la cadena productiva. El 32,4% del suelo posee aptitud agrícola-ganadera y el 31,5% exclusivamente ganadera (Castignani, 2011).

El proceso de agriculturización y la sequía de 2008/2009 redujo significativamente el stock ganadero de la provincia y desplazó la actividad a zonas de menor aptitud agrícola.

La ganadería se concentra en el norte de la provincia. San Cristóbal, Vera y 9 de Julio son los departamentos con mayor concentración de rodeo. Predomina la actividad de cría, con sistemas extensivos sobre campo natural. A medida que se avanza hacia el centro se utiliza con mayor intensidad los suplementos alimenticios.

En la zona centro-este se desarrolla la ganadería de invernada a campo y hacia el sur predominan modelos de invernada a corral en combinación con el desarrollo de la agricultura.

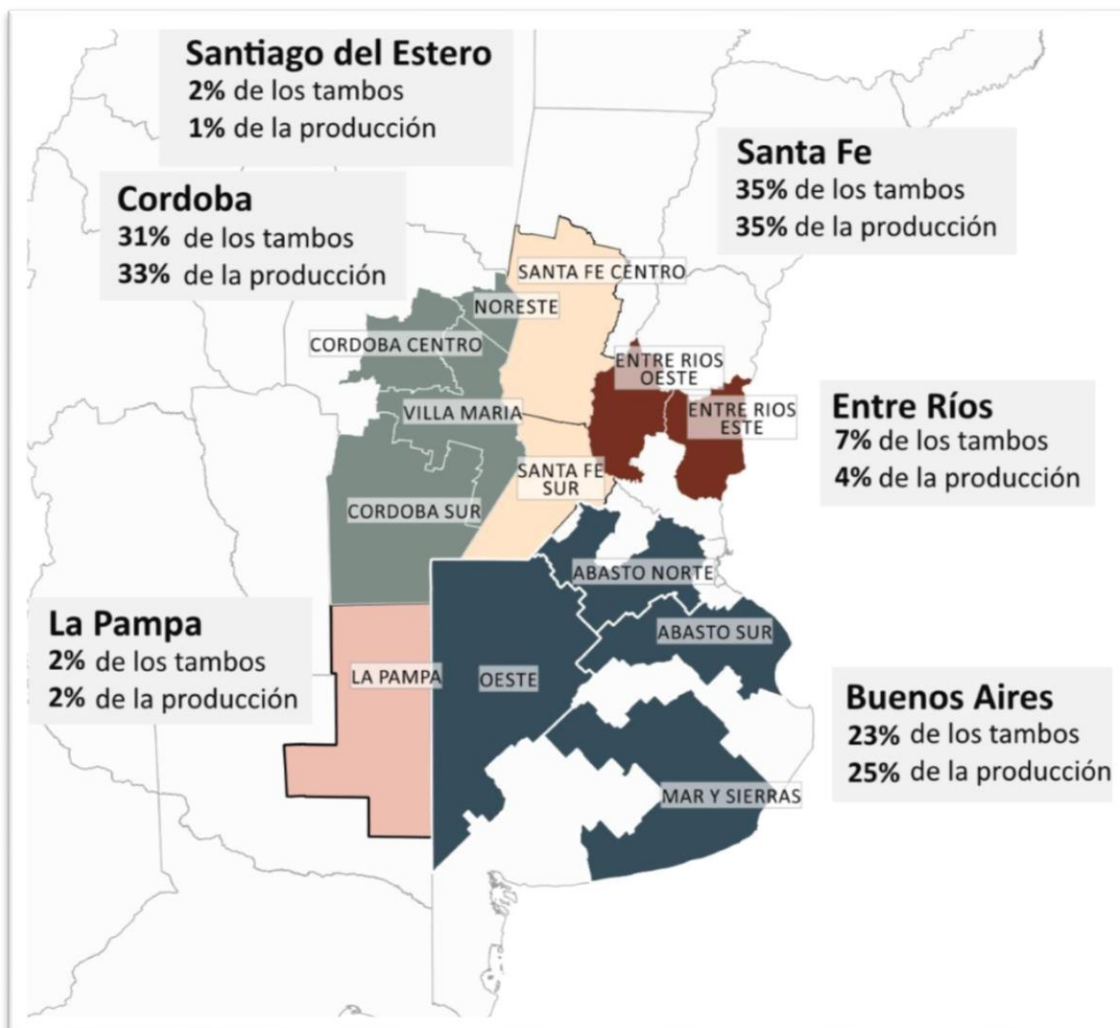
La ganadería de islas se desarrolla en los márgenes del Río Paraná. Se trata de modelos productivos trashumantes, dada la alta probabilidad de anegamiento frente a las crecidas del río. Es una zona con alta capacidad de engorde por la calidad forrajera en buenas condiciones climáticas a bajo costo.

Lácteos- Configuración territorial

En Santa Fe, Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos se concentra gran parte de la producción láctea del país. Estas cuatro provincias centralizan el 96% de los establecimientos tamberos, el 96% del ganado lechero y contribuyen con el 97% de la producción láctea nacional. La Pampa y Santiago del Estero tienen una participación menor.

La principal cuenca láctea es la Centro de Santa Fe que concentra aproximadamente el 30% de la producción lechera del país, y donde se ubica la Estación Experimental Agropecuaria Rafaela-INTA con una fuerte presencia en investigación y extensión en la cadena láctea. Le siguen en importancia las cuencas Córdoba Norte (17%), Villa María (10,1%), el Oeste de Buenos Aires (9%) y Abasto Sur de Buenos Aires (7%).

En Santa Fe la mayor cantidad de plantas lácteas se concentran en los departamentos de Castellanos, Las Colinas y San Martín (cuenca Centro), como se observa en el Mapa II.xv.



Mapa II.xv. Distribución espacial de la producción láctea.⁸

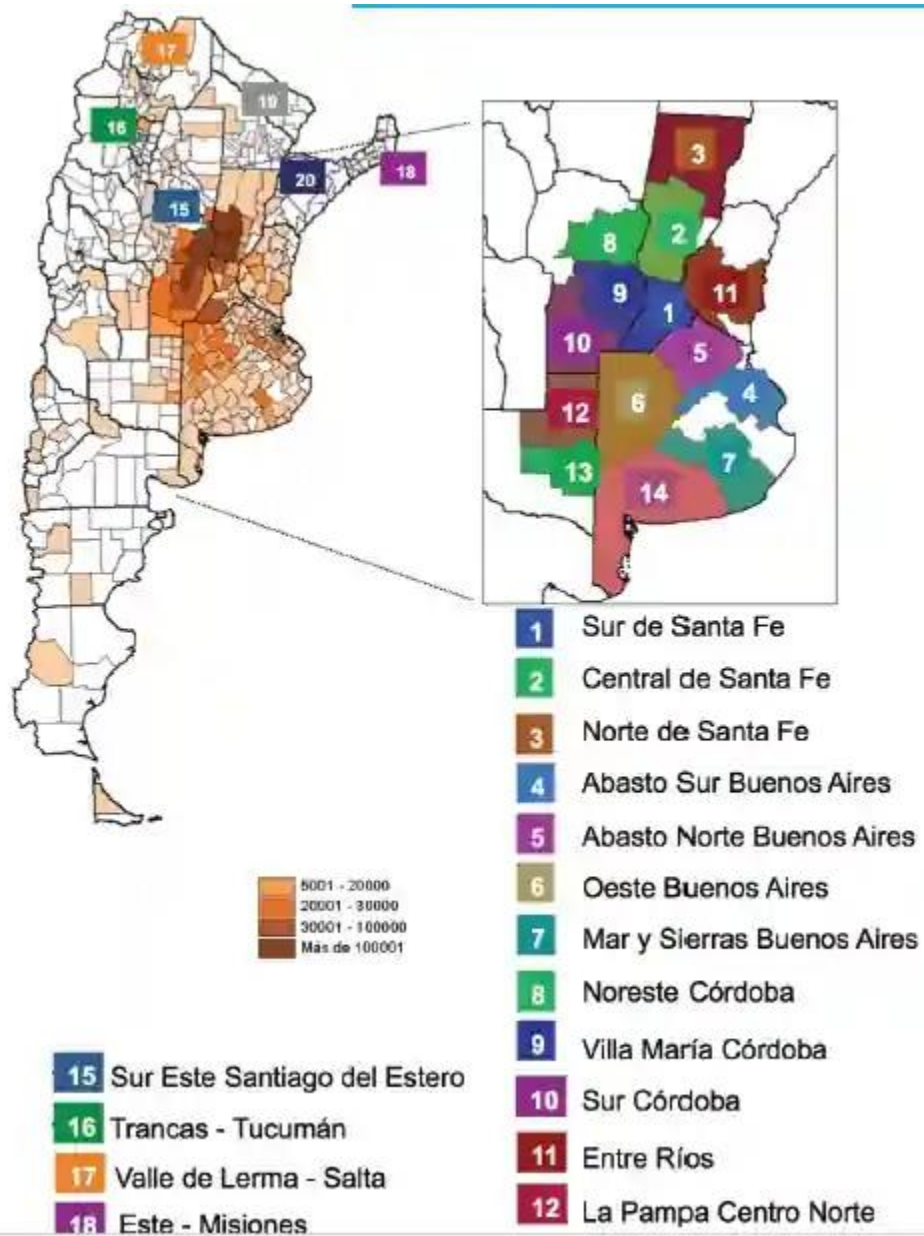
Fuente: Ministerio de Hacienda de la Nación, 2017.

Cuencas lecheras

El Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (OCLA)⁹ que mapea las cuencas lecheras del país localiza tres de ellas en la Provincia de Santa Fe.

⁸ La producción de leche corresponde al volumen registrado por el sistema de pagos por calidad (aprox. 70% del total). Producción 2015 y localización marzo 2016.

⁹ <https://www.ocla.org.ar/>



Mapa II.xvi. Distribución de las cuencas lecheras.

Fuente: Observatorio de la Cadena Láctea Argentina: Cuencas lecheras.

Metalmecánica

La localización geográfica de los fabricantes de maquinaria agrícola se concentra en Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Alrededor del 90% de las plantas productivas de equipos se sitúan en estas provincias.

Se caracteriza por ser una cadena integrada mayoritariamente por pequeñas y medianas empresas que también coexisten con grandes empresas, particularmente en el segmento de fabricación de maquinaria y equipos.

Dentro del rubro maquinarias y equipos se centra la atención en el segmento de maquinaria agrícola, fuertemente vinculada a la inversión agroindustrial y, por lo tanto, a las principales exportaciones de Argentina y a los procesos innovativos derivados de la agricultura de precisión. Al año 2016, fecha del informe de Cadenas de Valor de la SSPE, el sector de maquinaria agrícola representa un 25,2% del valor agregado de la rama maquinaria y equipos y 1,1% del industrial. A partir de las diversas necesidades de complejidad tecnológica y adaptabilidad a las distintas características del suelo y el cultivo, es posible diferenciar cinco segmentos de productos finales: tractores, cosechadoras, sembradoras, pulverizadoras e implementos.

En Argentina, la cadena metalmecánica integra alrededor de 13.700 empresas mayormente concentrados entre Buenos Aires, Santa Fe, Ciudad de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Entre Ríos y Tucumán. Las cuatro primeras representan aproximadamente el 78% de los establecimientos productivos (Ministerio de Hacienda de la Nación, 2016: 7).

La localización geográfica de los fabricantes de maquinaria agrícola se concentra en Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Alrededor del 90% de las plantas productivas de equipos se sitúan en estas provincias (Figura II.xiv). En Santa Fe, la mayor actividad (medida en términos de VBP) se concentra en el departamento Belgrano (42%) y, en menor medida, en los departamentos de Rosario (14%), Constitución (11%), Caseros (9%) y General López (8%). Las localidades de Armstrong, Las Parejas y Las Rosas (pertenecientes al departamento Belgrano) junto a la localidad cordobesa de Marcos Juárez conforman el nodo central de este sector de la industria en el país.

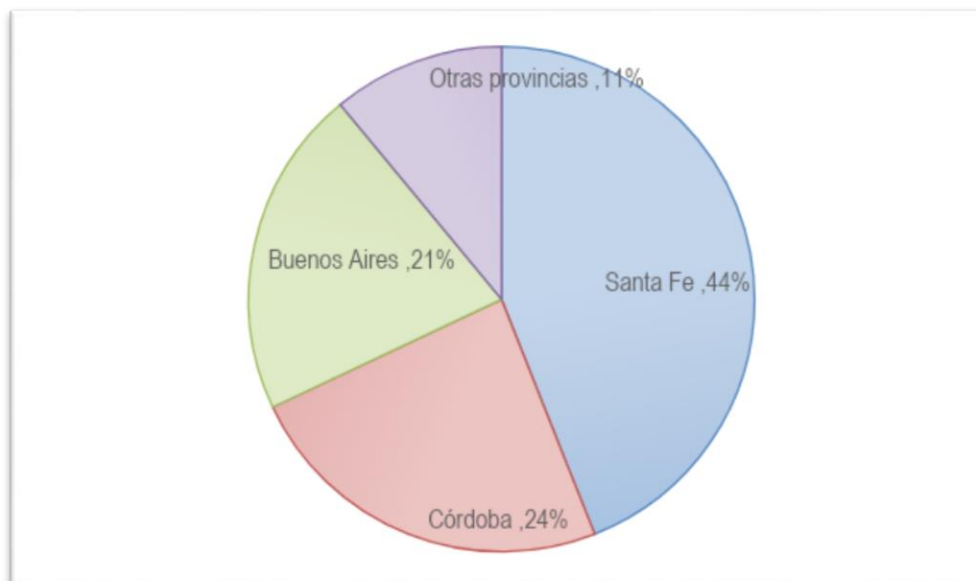


Fig. II.xiv Distribución Territorial de la producción de maquinaria agrícola

Fuente: elaboración propia datos del Ministerio de Hacienda de la Nación, 2016.

Siderurgia-Configuración territorial

Las principales plantas siderúrgicas se localizan en el eje urbano industrial del frente fluvial Paraná, en función de la cercanía a las actividades demandantes y del acceso a la materia prima por vía fluvial (mineral de hierro importado desde Brasil).

En Argentina existen 6 grandes productores siderúrgicos: Acindar, Acerbrag y Gerdau especializados en aceros largos, Siderar en productos planos, Siderca en tubulares y Aceros Zapla en aceros especiales, de las cuales tres de ellas se localizan en Santa Fe.

Tabla II.ix. Detalle de las empresas siderúrgicas en la provincia de Santa Fe.

Empresa	Complejos productivos	Capacidad instalada anual (millones Tn)	Origen capital y oferta pública	Principales productos terminados
Ternium Siderar	San Nicolás, Haedo, Canning, Florencio Varela, Ensenada. (Pcia. de Bs. As.)	3,2	Italo argentino - Cotizante en mercado local	Hojalata, Chapa en rollo, Flejes, Bobinas, Perfiles, Barras
Tenaris Sldeca	Campana, Valentín Alsina, Villa Constitución, Villa	1,3	Italo argentino - Cotizante en mercados externos	Tubos sin costura - Tubos con costura, Varillas de succión

	Mercedes(Prov. Bs. As., Santa Fe, San Luis)			
Acindar	Villa Constitución, San Nicolás, Rosario, La Tablada, Villa Mercedes(Prov. Bs. As., Santa Fe, San Luis)	1,7	Franco india – Cotizante en mercados externos	Alambre, Alambrón, Barras, Mallas, Perfiles, Planchuelas
Sipar Gerdau	Perez (Santa Fe)	0,65	Brasileño - Cotizante en mercados externos	Alambre, Alambrón, Barras, Clavos, Mallas, Perfiles
Acerbrag	Bragado (Prov. Bs. As.)	0,35	Brasileño – Cotizante en mercados externos	Alambre, Alambrón, Barras, Clavos, Mallas
Aceros Zapla	Palpalá (Jujuy)	0,15	Nacional - Capital cerrado	Barras - Discos - Planchas

Fuente: elaboración propia datos del Ministerio de Hacienda de la Nación, 2016.

Existen también fundiciones y laminadoras en la zona del centro de la provincia que abastecen principalmente a pequeños mercados regionales de la industria metalmecánica.

Petroquímica – plástica

La cadena se compone de dos eslabones: la producción petroquímica de resinas plásticas y la elaboración de productos de plástico. La elaboración de productos de caucho y plástico da cuenta de 1,8% del VAB industrial de Santa Fe y de 0,4% de la economía provincial (IPEC, 2015).

La provincia cuenta con una planta de estireno, materia prima petroquímica utilizada para la elaboración de plástico (poliestireno) y caucho sintético. La producción de estireno se encuentra en retroceso desde 2013. Entre 2012 y 2016 acumula una caída de 19,4%.

Hidrocarburos: Refinación

Santa Fe representa el 5,9% de la capacidad de refinación de petróleo a nivel nacional. El sector tiene una participación de 4,2% en el VAB industrial de Santa Fe y de 0,9 % en la economía provincial (IPEC, 2015).

El petróleo procesado se encuentra en retracción desde 2013. Entre 2012 y 2016 acumula una caída del 27%. En los primeros siete meses de 2017, continuó la tendencia declinante, acumulando un retroceso del 15% respecto al mismo período del año anterior.

Los principales productos obtenidos en 2016 por la refinería fueron naftas (40%), gasoil (35%) y fueloil (15%).

II.v.iii Participación en el VAB provincial de las cadenas exportaciones de Santa Fe

Las cinco cadenas que mayor peso tienen en el VAB de la provincia de Santa Fe son Comercio (18,7%), Sojera (17,0%), Educación (7,1%), Construcción (6,5%) y Salud (5,6%) (Ministerio de Economía de la Nación, 2022).(Figura II.xv)

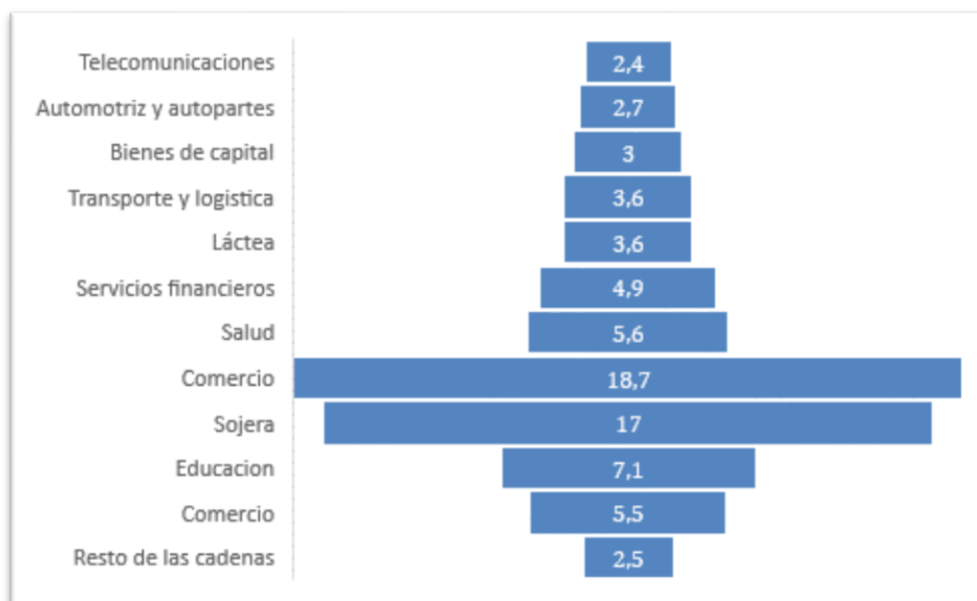


Fig. II.xv. Participación (%) en el VAB provincial de las cadenas de mayor peso, provincia de Santa Fe. Año 2018.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CFI, 2020.

Caracterización de las exportaciones de Santa Fe

La provincia de Santa Fe exportó durante 2019 un total de 14.268 millones de dólares, lo cual la ubica el puesto número 2 del ranking de exportaciones por provincia, responsable del 21,91 % del total de exportaciones del país (CFI, 2020).

Santa Fe es la segunda provincia exportadora del país con un 22% de participación en las exportaciones de origen nacional y es la principal provincia exportadora de aceites vegetales y productos lácteos. En el 2019, los principales destinos de los productos santafesinos fueron China (10,4%), India (8%), Brasil (7,8%), Vietnam (5,9%), Indonesia (5,1%); destacándose los productos de origen agropecuario con un 72,80%, le siguieron los productos primarios y las

manufacturas de origen industrial con más del 13% cada rubro y luego energía y combustible (Santa Fe, 2016)

El INDEC realiza una clasificación de los productos exportados y los agrupa en cuatro grandes rubros: Productos Primarios, Manufacturas de Origen Agropecuario, Manufacturas de Origen Industrial y Combustible y Energía.

Tabla II.x. Evolución de la composición de las exportaciones por rubro, provincia de Santa Fe. 2003 –2019.

	Exportaciones	PP	MOA	MOI	CYE
2003	6.274 %	14.04 %	73.73 %	10.68 %	1.56 %
2004	7.170 %	12.99 %	72.91 %	12.24 %	1.87 %
2005	7.720 %	13.32 %	71.40 %	12.49 %	2.79 %
2006	8.931 %	10.13 %	74.57 %	12.28 %	3.02 %
2007	12.567 %	11.63 %	72.76 %	12.52 %	3.10 %
2008	15.244 %	13.68 %	71.51 %	12.00 %	2.15 %
2009	12.971 %	6.27 %	77.20 %	15.53 %	1.01 %
2010	15.448 %	11.72 %	68.05 %	19.42 %	0.81 %
2011	18.853 %	11.89 %	65.52 %	21.84 %	0.74 %
2012	17.932 %	11.56 %	66.50 %	21.15 %	0.79 %
2013	16.795 %	13.38 %	68.58 %	17.56 %	0.48 %
2014	16.082 %	8.43 %	74.67 %	16.49 %	0.41 %
2015	13.207 %	11.89 %	77.37 %	10.48 %	0.48 %
2016	13.829 %	9.47 %	75.17 %	15.05 %	0.30 %
2017	13.761 %	10.41 %	72.11 %	17.04 %	0.44 %
2018	13.737 %	9.69 %	73.23 %	16.49 %	0.59 %
2019	14.268 %	13.24 %	72.83 %	13.44 %	0.49 %

Fuente: elaboración propia basada en datos de CFI, 2020.

II.vi Bioeconomía

Según el informe elaborado por la Agencia Santafesina de Asuntos Internacionales del Ministerio de Producción provincial, Santa Fe posee características que ofrecen múltiples oportunidades para el desarrollo de la bioeconomía con base en sus características territoriales y productivas estratégicas

- Cuenta con un contexto natural que favorece el desarrollo estratégico de la bioeconomía posicionándola como lugar de oportunidades para la inversión local y extranjera.

- Es la segunda provincia exportadora del país y el centro neurálgico del complejo agroalimentario exportador.
- Posee importantes superficies con sectores altamente competitivos como los agrícola-ganadero y agroindustrial. Es una de las principales zonas generadoras de recursos económicos del territorio nacional.
- Se encuentra favorecida por una densa red hidrográfica, el río Paraná, que bifurca la costa de la provincia, convirtiéndose en una fuente de gran importancia no solo como una vía de comunicación hacia el mundo, de producción y logística, sino también como una fuente de biomasa.
- En la provincia se localiza el complejo oleaginoso más importante del mundo. El mismo incluye la producción de granos, el transporte, almacenamiento, la industrialización en aceites crudos y refinados, subproductos de la industria aceitera procesados -pellets- y biodiesel, y la exportación.
- El deterioro gradual de los suelos asociado a la utilización de los métodos convencionales de cultivo de granos y a la sustitución gradual de los sistemas de rotación agrícola-ganadera (“*grasland farming*”) por la agricultura permanente, dio lugar a un replanteo de los sistemas de labranza convencional utilizados por muchos años. A fin de detener el deterioro de los suelos y a partir de las innovaciones tecnológicas del sector agropecuario, se ha venido impulsando la promoción y adopción de un nuevo paradigma agrícola, basado inicialmente en la siembra directa, apuntando a la conservación del suelo y una agricultura productiva y sustentable, y en el uso racional e inteligente de los recursos naturales a través del acceso al conocimiento y a la innovación tecnológica.
- A esto se le adiciona el uso de semillas mejoradas, rotación de cultivos, control integrado de plagas, desarrollo de la microbiología del suelo, estructuración y nutrición del suelo en base a los aportes biológicos complementados con fertilizantes (no fertilización masiva), uso intensivo de la información y la comunicación, al que se está incorporando más recientemente la agricultura de precisión.

La bioeconomía es la producción y utilización intensiva en conocimientos de recursos, procesos y principios biológicos para la provisión sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía. En Argentina, la bioeconomía representaba el 15,4% del PBI, con un valor agregado de \$330.000 millones en el año 2012. Dentro de la misma, el sector primario era el que contaba con mayor participación, siendo el 58% del valor agregado (8,9% del PBI), mientras que el 42% restante (6,5 del PBI) correspondía a la industria manufacturera (CIECTI, 2019:19).

A nivel capacidades, la provincia cuenta con el mayor número de plantas de producción de biocombustibles y de biodigestores instalados a nivel nacional. Por

ello encabeza la producción de bioenergías en el país y juega un rol importante en el mercado global del biodiesel a partir del volumen de producción de oleaginosas y la posición estratégica geográfica que brinda el puerto de Rosario, lo que genera ventajas en términos de costo de transporte. El sector está constituido por un amplio tejido de empresas, heterogéneas en términos de escala de producción y de tipología de bioenergía producida.

II.vi.i Biocombustibles

La industria del biodiesel en Santa Fe tiene una gran relevancia para la economía local y regional. Treinta y tres plantas, en diferentes provincias de nuestro país, llevan adelante la producción nacional de biodiesel. Dieciséis de las mismas se encuentran en la provincia de Santa Fe, concentrando el 82% de la capacidad instalada del país (Bolsa de Comercio de Rosario, 2022).

Además de la relevancia de Santa Fe en la capacidad productiva de biodiesel del país, es importante destacar que la zona industrial más importante dentro de la provincia es la región del Gran Rosario. Esto es así debido a la privilegiada ubicación que tiene el *clúster* industrial del *Up River*, que no sólo se encuentra en plena Pampa Húmeda, rodeada de plantaciones de soja, sino que también aloja a las mayores industrias procesadoras de granos (cabe recordar que el principal insumo del biodiesel en Argentina es el aceite de soja), y cuenta con numerosas terminales portuarias al estar a la vera del río.

Tabla II.xi. Ventas totales y producción de biocombustibles (tn), provincia de Santa Fe. 2021-2022

PERÍODO	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN
ene-21	8.728	14.535
feb-21	18.370	138.287
mar-21	17.350	94.802
abr-21	12.047	62.415
may-21 (*)	1.199	173.719
jun-21 (*)	2.005	162.711
jul-21 (*)	16.750	193.086
ago-21 (*)	16.445	160.166
sep-21 (*)	16.039	135.481
oct-21 (*)	13.622	122.151
nov-21 (*)	15.869	70.440
dic-21 (*)	17.094	114.732
ene-22 (*)	15.799	159.895
feb-22 (*)	13.984	154.871

mar-22 (*)	4.595	161.924
abr-22 (*)	20.674	169.383

Fuente: elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía. (*) Dato Provisorio.

II.vi.ii Bioetanol

En nuestro país, la industria de bioetanol a partir de maíz para corte cuenta con 6 empresas que tienen 11 plantas situadas en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Santiago del Estero y San Luis, con una capacidad de producción de 822.000 m³, lo cual una vez cubierto el corte local de naftas implica una capacidad ociosa del 32%. De la industria del bioetanol básicamente no sólo se obtiene alcohol, sino que también burlanda, que es un alimento con alto valor proteico para la producción pecuaria y por lo tanto para la producción de alimentos. La producción de bioetanol de maíz comenzó en el año 2012 con algo más de 20.000 m³ y creció en forma más que exponencial, pasando a superar en el tercer año la producción de bioetanol de caña de azúcar, cosa que continúa hasta la fecha.

Es importante remarcar que la totalidad del bioetanol producido por esta industria proveniente del maíz se destina al consumo interno, y va a integrar el “corte” para las naftas, que surge de la ley 26.093 con sus consiguientes variaciones de porcentajes que se fueron sucediendo en los últimos años, y que en la actualidad se encuentra en el 12%.

De contar con una capacidad de producción superior de bioetanol proveniente del maíz, dado que la Argentina exportó 38,5 millones de toneladas de grano en la campaña precedente, potencialmente la Argentina podría llegar a producir, de no exportarse nada como grano, 15 millones de m³ adicionales de bioetanol. Estas cifras sobrepasan ampliamente el consumo total anual de naftas de país, lo que indica la factibilidad de un incremento sobre el actual nivel de utilización de bioetanol.

El bioetanol, por su parte tuvo un crecimiento más estable en el período 2013-2019. En este sentido la participación provincial de esta energía en el agregado nacional es relativamente pequeña. Santa Fe posee 2 ingenios azucareros en el norte, y su capacidad de procesamiento promedio es de 59.000 toneladas. En el año 2018 la producción de bioetanol santafecina explicó el 6% del total de la producción de bioetanol a nivel nacional.

Tabla II.xii. Ventas totales y producción de bioetanol (tn), provincia de Santa Fe. 2021-2022

PERÍODO	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN
Ene-21	696	663
Feb-21	710	590
Mar-21	1.039	1.112
Abr-21	381	332
may-21 (*)	1.256	1.183
jun-21 (*)	816	782
jul-21 (*)	1.263	1.182
ago-21 (*)	1.190	1.110
sep-21 (*)	264	363
oct-21 (*)	258	300
nov-21 (*)	256	1.283
dic-21 (*)	257	4.926
ene-22 (*)	249	279
feb-22 (*)	238	1.321
mar-22 (*)	243	2.242
abr-22 (*)	73	5.401

Fuente: elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía. (*) Dato Provisorio.

II.vi.ii Biometano

El biometano, es el producto de un proceso de digestión anaeróbica de materia orgánica. El mismo se caracteriza por presentar las mismas proporciones de metano (CH₄) contenido en el gas natural, solo que en lugar de tener origen fósil tiene origen en un proceso de digestión de biomasa renovable. El desarrollo y utilización de este biogás permite ventajas sustancialmente importantes y significativas como, por ejemplo:

- Sustitución de combustibles más caros. Hoy las localidades no conectadas a la red utilizan gas en garrafa, gasoil o fueloil.
- Es una energía renovable.
- Alto perfil ambiental ya que permite el tratamiento de residuos o efluentes de procesos productivos.
- Innovación: en nuestro país no hay plantas en funcionamiento de biogás a la red, salvo algunos proyectos en Córdoba.
- Inversión menor: es sensiblemente menor a la construcción de gasoductos.

- Tecnología nacional: el 87% de la inversión es componente nacional, por lo que USD 5,6 millones son inversiones que se realizan a actores y proveedores nacionales. El porcentaje de componentes importados se corresponde con equipos que hoy no se fabrican en Argentina, pero con el aumento en la cantidad de proyectos de biogás estas tecnologías podrán desarrollarse localmente.
- Menor costo para el usuario: es significativamente menor a los combustibles alternativos y se encuentra en rangos de razonabilidad con relación a las tarifas pagadas por residenciales e industrias a Litoral Gas.
- Tener un tejido empresarial local más sólido y solvente ya que la generación y puesta en marcha de proyectos permite dinamizar el crecimiento del capital físico y humano.

CAPÍTULO III. CAPACIDADES INDUSTRIALES, TECNOLÓGICAS Y CIENTÍFICAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA QUÍMICA VERDE Y BIORREFINERÍAS

Si, tal como se ha sostenido al inicio del trabajo, el desarrollo consiste en un proceso de acumulación de capacidades, resulta indispensable para conocer la propia posición competitiva y de oportunidad, identificar las capacidades con las que se cuenta de cara al objetivo que se busca alcanzar. Con esta perspectiva en foco entonces, el presente apartado se ocupa de visitar las capacidades citadas en el territorio provincial que pueden arrojar ventajas de cara al despliegue de la bioeconomía y el desarrollo de las biorrefinerías como vectores de transición.

De cara a ello se mapean capacidades industriales, científicas y tecnológicas, en busca de conformar una perspectiva de las posibilidades de apropiación de valor, empleo y desarrollo por parte de la provincia.

III.i La innovación, vector del proceso de cambio técnico

III.i.i Los modelos de la innovación y su impacto en el desarrollo económico

Para la economía moderna el recurso fundamental es el conocimiento y el proceso más importante el aprendizaje (Lundvall, 2009). Para explicar el complejo proceso de creación y uso de conocimiento como sustento de la competitividad, la innovación comenzó a ser tratada como concepto analítico, pues una creciente evidencia demuestra que la misma compatibiliza crecimiento con desarrollo, aunque dicha relación no es casual ni espontánea. Se requieren esfuerzos innovativos intensos, continuos y equilibrados para la construcción de capacidades que permiten competir en mercados muy diferenciados.

Pero en un contexto en el cual se ha generalizado el uso del término innovación, es preciso circunscribirlo a fin de avanzar sobre terreno sólido. Una innovación no es una invención, ya que ésta no necesariamente implica una utilidad, aplicación o difusión en la sociedad. Una innovación es tal cuando se introduce en el mercado o en el proceso productivo y, por ende, demuestra su utilidad para generar ingresos, solucionar un problema relevante, bajar costos, expandir mercados o generar reducciones de costo o tiempo. Ergo, sólo una pequeña parte del problema de la innovación -salvo ramas muy específicas de la industria-, tiene que ver con la investigación básica (OCDE-EUROSTAT, 2006). Según la OCDE

(2006) pueden distinguir cuatro tipos de innovación: de producto, de proceso, de mercadotecnia, y las innovaciones de organización.

Por otro lado, la innovación es un concepto contextual, ya que innovador no se refiere a lo radicalmente nuevo, sino que señala al contexto de referencia. Así, por ejemplo, un producto puede ser innovador en Argentina, pero no en Europa, puesto que allí ya fue introducido con anterioridad, pero en el mercado local significa una ventaja para quien lo posee pues le da una herramienta que sus competidores no poseen.

III.i.ii Nivel mezzio, el Sistema Nacional de Innovación

El concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI) -empleado por primera vez por Chris Freeman en 1987- ha conocido una rápida difusión, y ha sido objeto de distintas aproximaciones. Siguiendo a Lundvall (2009), un SNI comprende todos los agentes y elementos que contribuyen al desarrollo, introducción, difusión y uso de innovaciones. En este enfoque, la innovación y el cambio tecnológico no son sólo una cuestión de las universidades o los laboratorios de investigación y desarrollo, sino que surgen de procesos complejos en los cuales intervienen empresas, institutos de investigación, el sistema educativo, el aparato financiero, los trabajadores, etc.

La clave está en el modo en que se relacionan e interactúan esos agentes como elementos de un sistema colectivo de creación y uso de conocimiento que, a su vez, tiene una influencia determinante sobre las posibilidades que tiene un país para alcanzar un crecimiento sostenido de su economía (Lundvall. 2009).

Si bien los SNI pueden funcionar con mayor o menor grado de articulación, ser más o menos efectivos, tener más o menos presencia estatal, depender en diversos grados de insumos científico-tecnológico externos, etc., en todo país existe un SNI, cuya configuración influye de forma decisiva sobre el respectivo proceso de desarrollo económico. A la vez, si bien una parte de los SNI puede obedecer a un diseño deliberado de la sociedad, la otra, generalmente muy importante, tiene un carácter espontáneo, o resulta de la dinámica generada por interacciones y procesos económico-sociales que no están directamente vinculados con la ciencia y la tecnología (López, 2007).

Asimismo, no existe un “tipo ideal” de SNI; diferentes sistemas pueden desarrollar modos de innovación específicos que, sin embargo, den lugar a senderos de desarrollo igualmente exitosos. La diversidad que domina a los SNI es producto de diferentes condiciones históricas e institucionales, así como de distintas trayectorias tecnológicas nacionales y locales. Tampoco pueden hacerse o

deducirse recomendaciones válidas universal y ahistóricamente respecto de *cuánta* ciencia básica hacer, o *qué* sectores son mejores para especializarse, o *cómo* organizar las actividades de innovación, etc. (López, 2009; Lundvall, 2009; Amable *et al*, 2008).

Se trata más bien de un modelo analítico, que permite entender la dinámica de cada sistema en particular, y cotejar cuanto se alinea éste y sus resultados con la necesidad del proceso de desarrollo de cada país. Así entonces se introduce dentro del análisis las condiciones históricas, culturales y económicas, entre otras, que condicionan los comportamientos de los actores produciendo resultados singulares (Lundvall, 2009).

Para comprender la relación entre el SNI y el desarrollo, se parte del hecho - comprobado por diversos estudios empíricos- de que el crecimiento y la creación de empleo en el largo plazo se da vía incorporación de conocimiento y tecnología en el proceso productivo. Esta incorporación es función de dos capacidades de toda sociedad: las de difusión y las de absorción.

Las primeras refieren a los mecanismos que condicionan la velocidad con la cual el conocimiento se difunde en las distintas esferas de la sociedad, y en particular, en el SNI. Respecto de las segundas, refieren a la capacidad de apropiabilidad del conocimiento por parte de los actores del SNI. En la interacción de las dos es que se da la capacidad de SNI para generar innovación y competitividad vía aumento de productividad y, por ende, capacidad de crear empleo sostenible y de competir con otras economías (Lundvall, 2009).

En términos prácticos esto implica que cualquier actor que quiera utilizar a la innovación como vector central de su actividad, deberá tomar en cuenta cómo se entrama el complejo de ciencia y tecnología del país a partir del desarrollo de la política pública del sector bajo el paradigma del SNI.

III.i.iii Nivel micro, la innovación en la firma

Una de las preocupaciones permanentes de los países de menor desarrollo como Argentina es aprehender la compleja dinámica de la innovación como un proceso gradual y acumulativo, como esfuerzo de toda la sociedad y sistémico. La literatura evolucionista presenta una visión desde la teoría de la firma y propone su visión de los procesos de innovación. Aquí la firma tiene un rol clave (Roger, 2015; Dossi *et al*, 1988; López, 1998), ya que es el agente capaz de vehicular las ideas en nuevos o mejores productos, servicios y mercados.

A nivel de la firma la innovación requiere combinar diferentes tipos de conocimientos, competencias, capacidades y recursos en la búsqueda del logro de

mejoras competitivas basadas en la elaboración de bienes más diferenciados, tramas productivas más densas y la creación de más y mejores empleos (Fagerberg, 2003; OCDE, 2006). Pero esta combinación no es pasiva o un resultado cierto, sino que implica la realización de esfuerzos explícitos tendientes a mejorar o crear capacidades tecnológicas en un contexto de alta incertidumbre (Lall, 1992; OCDE, 2006).

El hogar natural para las actividades de innovación, desde un punto de vista organizacional, está dentro de la empresa, donde se desarrollan además, los procesos de producción y comercialización. En este nivel las innovaciones implican combinar diferentes tipos de conocimientos, competencias, capacidades y recursos.

Asimismo, cuanto mayor es la variedad de dichos factores, mayor es el alcance de las nuevas combinaciones y más complejas y sofisticadas resultan las innovaciones (Teece, 1988; Fagerberg, 2003). A mayor cantidad de firmas en condiciones de aprender a partir de la interacción, mayor es la presión hacia otras empresas para que sigan la misma trayectoria (de ahí la importancia de los agrupamientos territoriales o clústeres como vehículos de la competitividad).

El comportamiento de las firmas está estrechamente vinculado a las capacidades de las mismas, ya que co-evoluciona durante el proceso de desarrollo de una industria junto con la tecnología, la demanda y las instituciones. Las empresas son organizaciones con competencias específicas para hacer algo, dichas competencias tienen a menudo una naturaleza tácita, y se almacenan y organizan en rutinas que guían la toma de decisiones.

El proceso de aprendizaje mediante el cual las capacidades y las rutinas son desarrolladas, es en gran medida local y dependiente de su trayectoria (*path-dependency*). La multiplicidad de competencias, creencias, y expectativas desempeñan un papel central en la dinámica del sistema (Roger, 2015).

Los procesos de aprendizaje que se desarrollan en la empresa son, entonces, acumulativos, y requieren de códigos comunes de comunicación y procedimientos coordinados de búsqueda de soluciones, lo cual los convierte en esencialmente tácitos. Éste carácter se transmite a las rutinas en sí mismas, las cuales son vistas así como activos específicos y no transferibles de cada empresa (Roger, 2015; Nonaka y Takeuchi, 1995).

Así, la empresa está en posición de cumplir una serie de condiciones, actuando como organización que puede acumular, reproducir y transmitir conocimientos hacia otros agentes económicos y sociales a través de relaciones de confianza, cooperación y competencia (López, 2007). Se refuerza así la importancia de la firma como vector principal del proceso de cambio tecnológico. Por un lado, facilita las vinculaciones en el proceso de innovación, tanto dentro de la firma como

con los proveedores y usuarios. Por otro, a partir de las relaciones que establece con la comunidad, favorece la difusión de los conocimientos y habilidades en la misma, contribuyendo a la generación de externalidades positivas (Lundvall, 1992).

III.i.iv Innovación tecnológica como proceso interactivo y acumulación de capacidades

Los modelos interactivos de la innovación son los que dominan el panorama a la hora de pensar la innovación de manera compleja y diseñar acciones con el objetivo de impulsarla. Estos resaltan el papel central que juega la concepción industrial sobre las relaciones entre las fases “hacia delante” (ligadas al mercado) y las fases “hacia atrás” (ligadas a la tecnología) de la innovación, como también sobre las numerosas interacciones entre la ciencia, la tecnología y las actividades vinculadas a la innovación, tanto si se realizan en el interior de la empresa como si lo hacen en el marco de las diversas cooperaciones (Roger, 2015).

En este apartado se expondrán dos de estos modelos, el de Kline y Rosemberg (1986) y el de Rothwell (1994). Dicha presentación persigue el propósito de condensar en modelos concretos el proceso innovativo, a fin arrojar luz sobre las interacciones y procesos que se conjugan en la firma a la hora de desarrollar innovaciones, aportando de esta manera, perspectiva sobre dicho proceso en la provincia de Santa Fe y las posibilidades que las trayectorias locales abren en el sendero de la bioeconomía.

En el caso del modelo de Kline y Rosemberg, es posible apreciar que la actividad se basa en una fuerte interacción entre los diferentes niveles que intervienen, a la vez que se deja claro que la investigación es sólo una instancia que se puede activar en caso de ser necesario, o sea, de que no exista un stock de conocimientos y/o tecnologías disponibles que permitan solucionar el problema que se aborda (hecho que resalta el rol de la vigilancia tecnológica).

Este modelo tiene gran utilidad para ilustrar el desenvolvimiento del proceso de innovación dentro de una trayectoria tecnológica, determinada por el paradigma tecno-económico vigente, lo cual deja a las claras que, partiendo de conocimientos y tecnologías base, es posible desarrollar senderos innovativos y de acumulación de capacidades sobre la base esfuerzos de las firmas (o sea, partiendo de la fase 1 de la evolución de las tecnologías).

El modelo de Kline y Rosemberg (Figura III.i) o modelo de enlaces en cadena o modelo cadena-eslabón tiene cinco caminos o trayectorias que son vías que conectan las tres áreas involucradas en el proceso de innovación: la investigación,

el conjunto de conocimientos disponibles y la cadena central del proceso de innovación tecnológica (Kline y Rosenberg, 1986).

El primer trayecto se denomina la cadena central de innovación (C). Éste comienza con una idea que se materializa en un invento y/o diseño analítico, que lógicamente, debe responder a una necesidad del mercado. El segundo trayecto consisten en una serie de retroalimentaciones o *feedbacks* donde el círculo pequeño de retroalimentación que conecta cada fase de la cadena central con su fase previa (por ejemplo, distribución y comercialización con diseño y producción) y el círculo de retroalimentación representado por las flechas (f), que ofrece información sobre las necesidades del mercado a las fases precedentes del proceso de innovación tecnológica, dado que el producto final puede presentar algunas deficiencias y puede obligar a efectuar algunas correcciones en las etapas anteriores (Kline y Rosenberg, 1986).

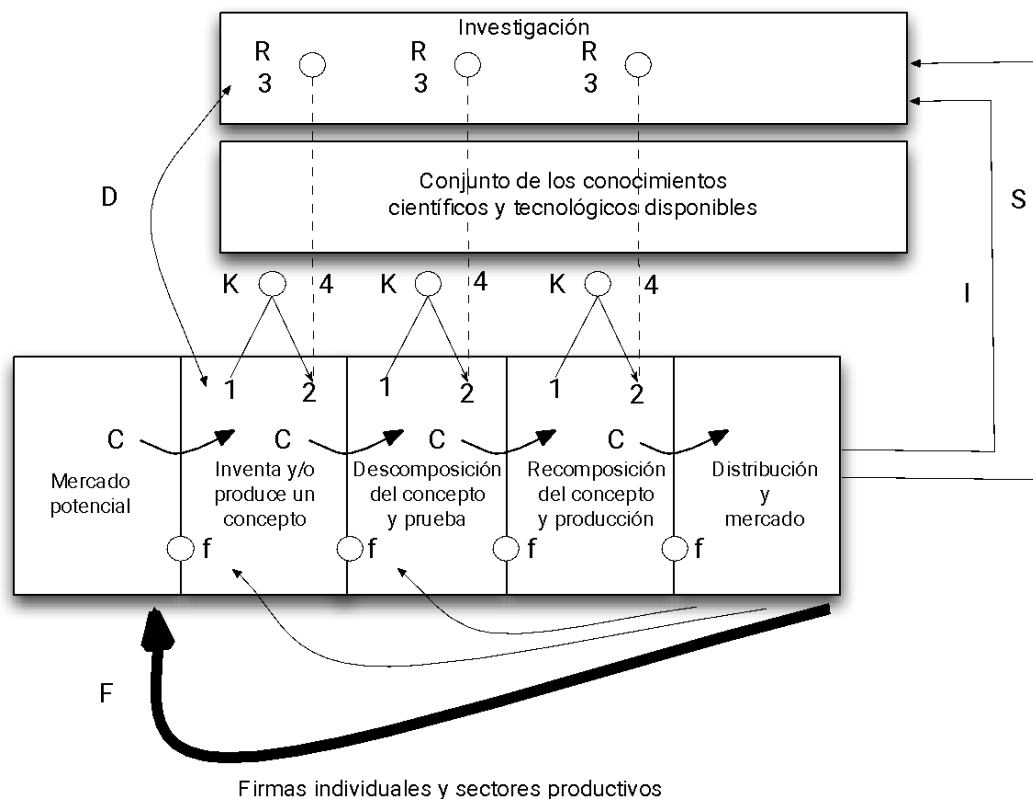


Figura III.i Modelo interactivo del proceso de innovación: modelo de relación en cadena.

Fuente: elaboración propia en base a Kline y Rosenberg (1986).

Símbolos de las flechas debajo de las figuras:

C: cadena central de la innovación

f: circuito de retro-acción

F: retro-acción particularmente importante

Relaciones verticales:

K-R: relaciones entre el conocimiento y la investigación. Si el problema se resuelve en el nudo K, la relación 3 con R no es activada. La relación de respuesta, que proviene de la investigación (relación 4), es problemática y figura en línea punteada.

D: es la relación directa (ida y vuelta) entre la investigación y los problemas que surgen de la invención y del concepto.

I: apoyo a la investigación en áreas científicas subyacentes a las de los productos estudiados, con el propósito de obtener directamente informaciones y dirigir los trabajos realizados afuera. La información obtenida puede ser aplicada a lo largo de toda la cadena.

La retroalimentación proveniente del mercado o producto final hasta el mercado potencial (flecha F), proporciona información sobre la posibilidad de desarrollo de nuevas aplicaciones industriales, ya que cada nuevo producto crea nuevas condiciones en el mercado.

El tercer trayecto de la innovación constituye el eslabón entre el conocimiento y la investigación con la cadena central de innovación. Cuando tiene lugar un problema en una actividad de la cadena central de la innovación tecnológica, se acude al conocimiento existente. La acción de acudir al conocimiento se refleja mediante la línea 1, que une la invención y el conocimiento. Si el cuerpo de conocimientos existente proporciona los datos necesarios (conceptos o teoría), la información es transferida al invento o diseño analítico, lo que se indica mediante la flecha 2. En caso de no existir tal información, será necesario realizar una investigación (expresado mediante la flecha 3) y posteriormente los resultados de la investigación se añadirán al stock de conocimientos (retorno reflejado por la línea 4). Este vínculo es el que sirve de base para denominar a éste modelo como de "enlaces en cadena".

El cuarto trayecto de la innovación es la conexión entre la investigación y la invención, que viene indicado por la flecha D. En algunas ocasiones, los nuevos descubrimientos científicos hacen posibles innovaciones radicales (Kline y Rosenberg, 1986). La relación es bi-direccional, aunque la ciencia crea oportunidades para nuevos productos, la percepción de necesidades o posibles

ventajas del mercado puede asimismo estimular investigaciones importantes. Finalmente, existen conexiones directas entre el mercado y la investigación (flecha S). Algunos resultados de la innovación, tales como instrumentos, máquinas herramientas y procedimientos tecnológicos, son utilizados para apoyar la investigación científica.

Quizás el rasgo más interesante de éste modelo es que permite apreciar de manera nítida la autonomía que existe entre investigación básica e innovación, poniendo de relieve la importancia de los conocimientos y tecnologías existentes para la innovación, y a partir de ello apreciar, el relevante papel que tiene un adecuado conocimiento del estado del arte en el campo que se trabaje (Escorsa Castells y Valls Pasola, 2008). Asimismo, resalta el papel de la industria de bienes de capital, que ubicándose entre el nivel inferior y el intermedio, resulta en el vehículo de difusión a la producción de conocimientos capaces de generar innovaciones y mejoras productivas que repercuten en la competitividad de las diferentes ramas industriales y productivas.

Visto en perspectiva sobre la historia de la Argentina , esto viene a resaltar el hecho de que para avanzar en el aprendizaje y el desarrollo de nuevas capacidades, no es tanto necesario realizar enormes esfuerzos en ciencia básica, sino dirigir los esfuerzos innovativos de una manera acorde a la trayectoria de las tecnologías, las oportunidades que las mismas ofrecen, y al lugar que el país puede ocupar en la división internacional del trabajo respecto de ellas (Thomas *et al*, 2013; Suarez, 2013).

A continuación, se describe el modelo propuesto por Rothwell (1994), en el cual se resalta la acumulación de capacidades en la empresa y la cadena de valor a partir de las relaciones que se establecen entre los diferentes actores que la componen (Figura III.ii). Visto desde la acumulación de capacidades, la modelización del proceso de innovación de Rothwell aporta luz al modo en el cual una empresa puede desarrollar capacidades dinámicas que le permitan avanzar en un sendero de crecimiento sustentable.

Este camino, realizado por algunas empresas en el país desde diferentes sectores productivos (Thomas *et al*, 2013; Ascúa, 2003; Seijó y Cantero, 2012), marca la pauta de una estrategia posible y viable para el desarrollo de capacidades industriales y tecnológicas, las cuales pueden verse potenciadas cuando tal camino se emprende en el contexto de un clúster (Milesi *et al*, 2004; Yoguel y López 2000).

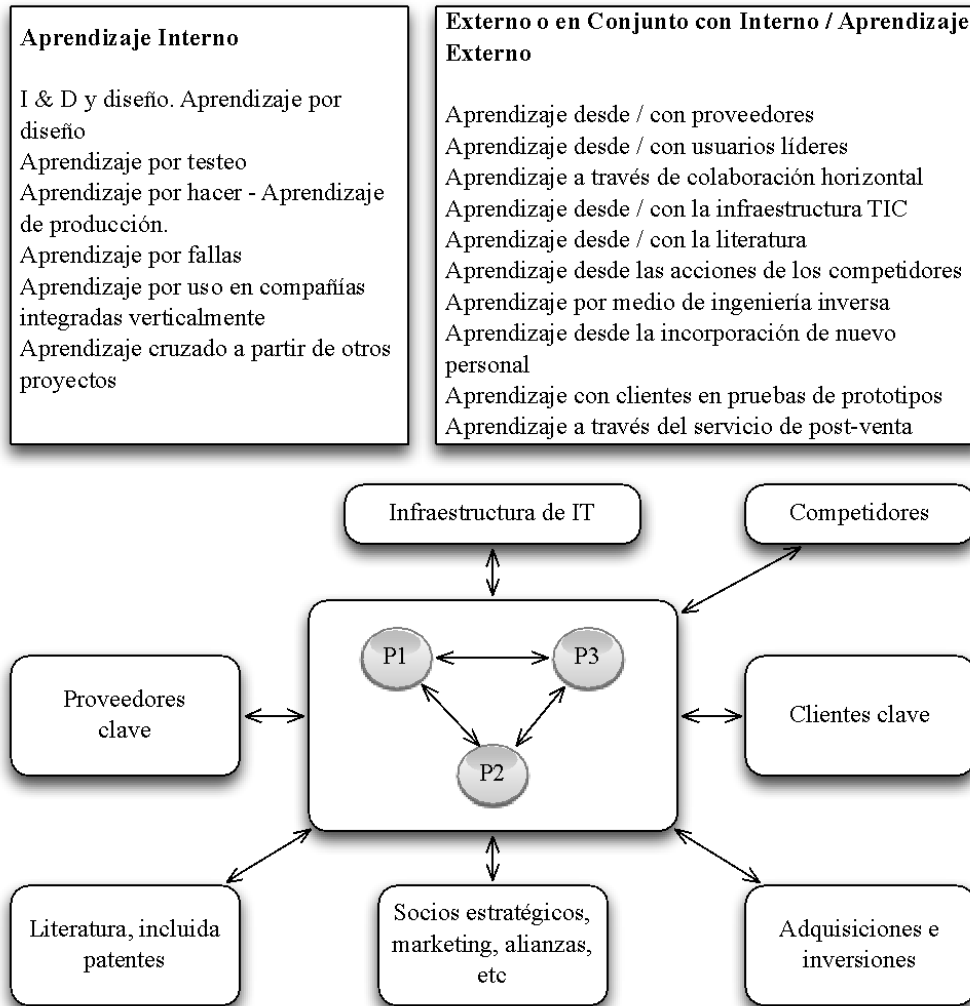


Figura III.ii Innovación como proceso de acumulación de capacidades

Fuente: elaboración propia en base a Rothwell (1994).

El modelo ilustrado resalta en un primer plano la diferenciación clave hecha por el evolucionismo entre información y conocimiento (López, 2007), y a la vez, la distinción entre las diversas formas de conocimiento, que permite explicar por qué la importación de tecnologías a secas no eleva de manera automática las capacidades productivas e innovativas del país. Sobre la base de este modelo emerge la importancia del *path dependency* en el desarrollo de capacidades, o dicho de otro modo, no es posible dar saltos cuánticos, por lo cual es necesario impulsar senderos tecnológicos, de aprendizaje y de rutinas, para que las empresas desarrollen capacidades que las pongan en condiciones de crecer en el marco de mercados competitivos (Arthur, 1994).

III.ii Capacidades científico-tecnológicas de santa fe en campo de la bioeconomía

III.ii.i El sistema científico-tecnológico de la provincia de Santa Fe

La provincia de Santa Fe cuenta con un ecosistema científico tecnológico de envergadura, que se encuentra entre los más importantes del país. La inversión en actividades científicas y tecnológicas¹⁰ de esta provincia presenta una dimensión significativa respecto a la importancia relativa de las demás provincias en la economía del país, alcanzando el 4,5%. (Fig. III.iii)

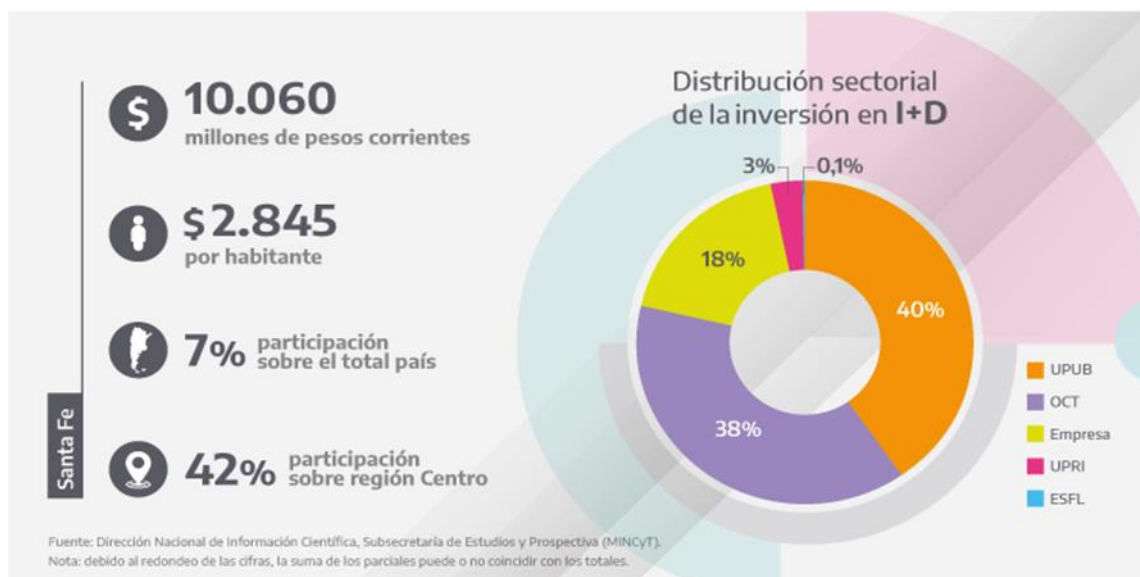


Figura III.iii . Distribución sectorial de la inversión en I+D.

Fuente: MINCYT.

¹⁰Señala la página que los datos fueron calculados por el MINCYT a partir del Manual de Frascati de la OCDE. Dentro de la definición de Actividades Científicas y Tecnológicas, se incluyen entonces a las actividades sistemáticas estrechamente relacionadas con la generación, el perfeccionamiento y la aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos. Comprende I+D, actividades como formación de recursos humanos en CyT, difusión de CyT y servicios científicos y tecnológicos (bibliotecas especializadas, museos, traducción y edición de literatura en CyT, el control y la prospectiva, la recopilación de datos sobre fenómenos socioeconómicos, los ensayos, la normalización y el control de calidad, los servicios de asesoría, así como las actividades en materia de patentes y de licencias a cargo de las administraciones públicas, etc.).

Según datos de la Red Argentina de Información Estratégica en Ciencia, Tecnología e Innovación del MINCyT, en 2020 se ejecutaron en el país \$142.837 millones y en la provincia de Santa Fe unos \$10.060 millones.¹¹

A continuación, se presenta una síntesis de los principales indicadores de CTI de la provincia.

Inversión en I+D

La inversión en I+D para la provincia explicó el 7% de la inversión nacional y el 42% de la región Centro (Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos). Más de la mitad de la inversión en I+D fue ejecutada entre los organismos de ciencia y tecnología –OCT– (27%) y las universidades públicas -UPUB- (32%). La inversión promedio por habitante en Santa Fe fue de \$2.845, por debajo del promedio nacional (\$3.148 pesos) y casi igual al de la región (\$2.757).

La inversión promedio por investigador/a equivalente a jornada completa (EJC) fue de \$2 millones (valores corrientes), por debajo del promedio nacional (\$2,6 millones) e igual al regional (\$1,5 millones).

Personas dedicadas a actividades de I+D

El país contó con 85.651 personas expresadas en EJC dedicadas a I+D durante el año 2020. Por su parte, Santa Fe contó con 6.810 personas, representando un aumento del 2% respecto del año anterior. El total de personas en EJC para la provincia explicó el 8% del total nacional y el 42% de la región.

¹¹ <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/indicadorescti/santa-fe-principales-indicadores-de-cyt>



Figura III.iv. Distribución sectorial de investigadores/as.

Fuente: MINCYT

Instituciones dedicadas a actividades de I+D

El complejo científico-tecnológico de la provincia está conformado por un importante conjunto de Centros de Investigación, Organismos de Promoción Científica y Tecnológica que en conjunto con las universidades (Fig. III. Iv) llevan adelante investigaciones, difusión de tecnología, y promoción científica. Algunos de los cuales son provinciales, mientras que otros son nacionales, con presencia en el territorio (Tabla III.i y Tabla III.ii).

Tabla III.i Cantidad de instituciones y empresas que realizaron actividades de I+D en Santa Fe.

Tipo de Institución	Cantidad	%
Organismos de ciencia y tecnología (OCT)	8	3%
Universidades públicas (UPUB)	5	2%
Universidades privadas (UPRI)	8	3%
Entidades sin fines de lucro (ESFL)	5	2%
Empresas	212	90%

Total	238	100%
-------	-----	------

Fuente: elaboración propia en base a datos de MINCyT.

Tabla III.ii .Listado de instituciones involucradas en actividades de I+D en Santa Fe

Organismos de ciencia y tecnología (OCT)	<ul style="list-style-type: none"> • Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud • Comisión Nacional de Energía Atómica • Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas • Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano • Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria • Instituto Nacional de Tecnología Industrial • Instituto Nacional del Agua • Servicio Meteorológico Nacional
Universidades públicas (UPUB)	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad Nacional de Rafaela • Universidad Nacional de Rosario • Universidad Nacional del Litoral • Universidad Nacional de Luján • Universidad Tecnológica Nacional
Universidades privadas (UPRI)	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto Universitario del Gran Rosario • Instituto Universitario Italiano de Rosario • Pontificia Universidad Católica Argentina "Santa María del Buen Aire" • Universidad del Centro Educativo Latinoamericano • Universidad Abierta Interamericana • Universidad Austral • Universidad Católica de Santa Fe • Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales
Entidades sin fines de lucro (ESFL)	<ul style="list-style-type: none"> • Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola • Centro de Estudios de Población

	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto de Investigación de Historia del Derecho • Instituto para la Inclusión Social y el Desarrollo Humano • Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM)
--	--

Fuente: elaboración propia en base a datos de MINCyT.

A continuación, se presenta el detalle de los principales organismos de CTI con presencia territorial.¹² Antes vale mencionar que Santa Fe cuenta con una vasta cantidad de polos y parques tecnológicos entre los que se destacan el parque Tecnológico del Litoral Centro S.A.P.E.M. y el Área Tecnológica Nodo Rosario - “Zona i”. Esta última es una iniciativa de vanguardia del MinCTIP provincial junto a la Municipalidad de Rosario y el Polo Tecnológico Rosario, lugar en el que se impulsan dinámicas de innovación colaborativas para la producción de tecnologías, actividades científicas y educativas y la generación de empleo joven de calidad. Allí están radicadas unas 30 empresas, principalmente del sector TIC, asociadas al Polo Tecnológico Rosario. Además, se encuentra el Polo Tecnológico de Esperanza y el Polo Tecnológico Regional del Norte Santafesino. En todos estos parques y polos, la provincia está representada en sus directorios o comisiones directivas a través del MinCTIP.

¹² La descripción de las instituciones de I+D toma los aportes de CIECTI, 2019.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

INTA. Centro Regional (CR) Santa Fe (Estaciones Experimentales Agropecuarias de Reconquista, Rafaela y Oliveros)

Misión

Fortalecer el desarrollo regional y territorial contribuyendo a la sostenibilidad social, económica y ambiental de los principales sistemas productivos agropecuarios de su territorio y de las cadenas de valor que integran el sistema agropecuario, agroalimentario y agroindustria.

Objetivos

Promover la competitividad de las principales cadenas agroalimentarias de la región, procurar la sostenibilidad de los principales sistemas productivos y fortalecer la inclusión social y el desarrollo territorial, integrando las economías regionales y locales a los mercados internos e internacionales.

Desafíos

- Producción y diversificación sustentable.
- Innovación para los agroecosistemas más frágiles.
- Identificación y propuestas para los actores más vulnerables.
- Generación de valor agregado.
- Fortalecimiento de redes sectoriales.

Vinculación

UNR y la UNL. Cooperativas, organizaciones no gubernamentales (Asociaciones para el Desarrollo, Ceres, Reconquista, Venado Tuerto, Roldán y Fuedeca, entre otras).

INTA. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela

Alcance

5 millones de hectáreas. 7 agencias de extensión rural (AER): Carlos Pellegrini, Gálvez, San Justo, Ceres, Monte Vera, Esperanza, San Cristóbal; y dos oficinas de información técnica (OIT): Coronda y Santa Rosa de Calchines. El Grupo Castellanos se encuentra dentro de la Experimental.

Perfil

Investigación y desarrollo en sistemas productivos como la apicultura, bovinos, lechería, agricultura familiar y huertas, salud animal y sanidad vegetal.

Especialización y transferencia

- Evaluación y gestión de recursos naturales (mapas de suelos, aptitud de uso de las tierras, gestión ambiental de envases de agroquímicos, sustentabilidad de los sistemas de producción de leche, entre otros).
- Manejo de cultivos (producción, manejo y utilización sustentable de pasturas, tecnologías para la elaboración, almacenaje y suministro de forrajes conservados de alta calidad, entre otros).
- Gestión de los sistemas de producción de leche y carne (gestión integral de empresas tamberas, mejoramiento genético animal, entre otros).
- Salud animal.;
- Producciones intensivas (piscicultura, manejo agroecológico de cultivos, entre otros).
- Agroindustria y agregado de valor (específicamente vinculados a la lechería).
- Extensión rural y comunicación (diseño de estrategias de comunicación, gestión de costos y análisis de riesgos, entre otros).
- Servicios de laboratorio en microbiología.
- Parasitología, inmunología y zoonosis.
- Calidad de leche y agroindustria.
- Suelos y agua.
- Forrajes.
- Miel y producción de venta de plantines de verduras de hoja.

INTA. Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Oliveros

Alcance

4 laboratorios (Tecnología de Semillas, Protección Vegetal y Suelos) y con un campo de 420 hectáreas-Huerta agroecológica.

Perfil

Investigación en Agronomía y Desarrollo Rural.

Especialización y transferencia

La investigación está relacionada con la protección vegetal (manejo integrado de plagas), tecnología de semillas y alimentos, ecofisiología y manejo de cultivos, dinámica del agua y recuperación de suelos degradados. En cuanto al desarrollo, los núcleos temáticos de trabajo son: investigación en extensión, estrategias de comunicación, extensión en

protección vegetal, experimentación adaptativa, desarrollo local y territorial, capacitación y transferencia de tecnología.

INTA. Estación Experimental Agropecuaria Reconquista

Alcance

1.294 hectáreas, incluyendo suelos de aptitud agrícola y ganadera.

Perfil

Producción ganadera, con líneas que se orientan hacia el manejo de pastizales naturales, nutrición, reproducción y sistemas productivos intensificados; y, producción agrícola, con actividades orientadas hacia la generación de información en cultivos (soja, girasol, trigo, maíz, sorgo y algodón), entomología para el manejo integrado de plagas, control de malezas y riego complementario, producción bajo estrategias de intensificación (tanto en secano como en riego complementario), sistemas de agricultura tradicional y de siembra directa; agricultura orgánica y horticultura intensiva de bajo uso de agroquímicos

Especialización y transferencia

Ganadería bovina, principalmente de cría, pero también a nivel Nacional en conjunto con otros centros, en disciplinas como pasturas naturales, manejo reproductivo, nutrición y gestión económica de empresas. Asimismo, tiene un perfil agrícola sobre sistemas agrícolas intensificados, manejo de plagas y producción agrícola y frutihortícola orgánica y acciones de capacitación en diferentes niveles a organizaciones.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)

En la provincia de Santa Fe el INTI posee dos sedes: Rosario y Rafaela.

Objetivos

Impulsar la sustitución de importaciones mediante el desarrollo de la industria local, construir capacidades tecnológicas, analíticas y procedimentales, mejorar la competitividad (innovación, diseño y calidad) de productos locales, promover una adecuada gestión ambiental en las empresas y ser referente metrológico local en cumplimiento de la normativa vigente

Especialización y transferencia

Transferencia de conocimiento acerca de mejoramiento de productos, procesos y gestión a los tejidos industriales de la región. Cuenta con laboratorio de biotecnología; espectrometría de absorción atómica; TCLP (lixiviación); y laboratorios de ensayos fisicoquímicos. Impresoras 3D de polímeros y de metales; microscopios para análisis de materiales; láser tracker; tomógrafo industrial computarizado y máquina de medir por coordenadas (CNC).

Vinculaciones

PYMES. compañías alimenticias; empresas metalmeccánicas; empresas de ingeniería en software; dependencias del Estado.

Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

UTN. Sede Santa Fe

Centros de investigación

- Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda – CECOVI.
- Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Sistemas de Información – CIDISI.
- Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos –CIESE.
- Instituto de Desarrollo y Diseño - INGAR (CONICET - UTN).
- Grupos UTN
- Grupo de Estudio Sobre Energía – GESE.
- Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería – GIEDI.
- Grupo de Investigación en Métodos Numéricos en Ingeniería – GIMNI.
- Grupo Científico de Estudios en Transporte, Accidentología y Movilidad – CETRAM.
- Grupo de Ingeniería Mecánica Aplicada – GIMA.
- Grupos Facultas
- Grupo de Estudio de la Mejora de Procesos Organizacionales – GEMPRO.

Laboratorios

- Área de Servicios y Transferencia de Tecnología - ASyTT (CECOVI).
- Laboratorio de Calibraciones.
- Laboratorio de Mediciones y Ensayos – LAMyEN.
- Laboratorio de Diseño Mecánico.
- Laboratorio Industrial Metalúrgico – LIM: Creado por Convenio entre Facultad y la
- Cámara Metalúrgica de la Unión Industrial de Santa Fe N°24/10/68.
- Laboratorio de Ensayo de Motores – LEM.

- Laboratorio Ambulante de Mediciones de Campos Electromagnéticos y Ruidos –
- LAMCEM.
- Laboratorio de Medidores – LABMED.

UTN. Sede Rafaela

Laboratorios

- Laboratorio de Química: análisis de agua y efluentes líquidos.
- Laboratorio de Ingeniería: hormigón, agregados gruesos y finos, y suelos.
- Laboratorio de Microbiología de Alimentos: servicios a industrias procesadoras de alimentos
- Laboratorio de Tribología: determinación de densidad; determinación de viscosidad cinemática; determinación de índice de viscosidad; determinación de punto de inflamación en lubricantes; determinación de índice de acidez; determinación de punto de goteo en grasas; determinación del grado de consistencia en grasas.

UTN. Sede Reconquista

Proyectos de Investigación

- Optimización energética en la industria aceitera de Reconquista.
- Desarrollo de los parámetros de diseño de un prototipo, para la obtención de energía no contaminante, en las zonas de las islas del Paraná.
- Mediciones en redes de baja tensión y determinación del contenido de distorsión armónica.
- Incidencias de la utilización del software en los aprendizajes matemáticos.
- Estudio de lignocelulosas y sus extractos en superficies para el desarrollo de nanoestructuras y máquinas moleculares.
- Sistematización analítico-numérica para la resolución estática, dinámica y de estabilidad de entramados estructurales en el contexto de las ingenierías aeronáutica, mecánica y civil.
- Desarrollo de un equipo económico modular y móvil para eliminación de arsénico de agua para consumo de ganado en la región, utilizando energía solar.

Laboratorios

- Laboratorio de electricidad: presta servicios asociados al control de calidad de energía y medición de parámetros eléctricos relacionados; proyectos eléctricos; entre otros.
- Energías renovables y eficiencia (GIERE): desarrollo de un equipo de generación de energía eléctrica de un microcentral de río.
- Laboratorio metalúrgico: ensayos de dureza, microscopía, análisis metalográfico y de fractura; asesoramiento y asistencia técnica a las empresas.
- Laboratorio del suelo: presta servicios asociados a la determinación de las constantes físicas de suelos.

- Grupo de Diseño Mecánico (GRUDIM): presta servicios relacionados con la capacitación en diseño 3D asistido, niveles básico y avanzado.
- Sistema de Gestión de Medio Ambiente y Calidad: su área de incumbencia abarca la evaluación de impactos ambientales (EIA), gestión de calidad según normas ISO, auditorías, mejoras de procesos, entre otros.

UTN. Sede Venado Tuerto

Laboratorios

- Laboratorio de electricidad: estudio de instalaciones eléctricas; análisis de sistemas de puesta a tierra; armado de controladores; proyectos eléctricos en general; ensayo de elementos diversos.
- Laboratorio de Máquinas Eléctricas.
- Grupo de investigación y desarrollo de estructuras civiles.
- Laboratorio mecánico del suelo: estudio y verificación de compactación; estudio de suelos; asistencia tecnológica.
- Laboratorio Estructuras Civiles.
- Laboratorio de Física.
- Laboratorio de Química: se está trabajando en la recopilación de datos analíticos y estadísticos referidos a brotes de triquinosis en la zona.

Universidad Nacional de Rosario (UNR)

La UNR posee 12 facultades, 3 institutos de enseñanza media y 1 centro de estudios interdisciplinarios. 171 carreras de posgrado, 63 títulos de grado, 15 tecnicaturas, 53 títulos intermedios, 26 títulos por articulación con el sistema de educación superior no universitario y 32 postítulos.

Áreas de especialización y esfuerzos de transferencia

- Arquitectura: oficios, dispositivos de entubamiento, hormigones con plásticos reciclados.
- Cs. Agrarias: bioenergía, Intermediación conflicto peri-urbanos, BPAs en huertas, mejoramiento genético, asistencia a municipios, planificación sustentable de tambos.
- Cs. Bioquímicas y Farmacéuticas: plantillas pies, ósmosis inversa, determinaciones de residuos químicos, kit tratamiento oncomicosis, abatimiento contaminante, búsqueda biomarcadores de adicciones, optimización de farmacoterapia.
- Cs. Económicas y Estadísticas: gestión territorial, cultura emprendedora.
- Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura: competencia negocios, aerogeneradores, diseño juguetes.
- Cs. Médicas: control mastitis, biomecánica ósea.

- Cs. Política y RRII: desarrollo local, interfaces digitales accesibles, economía solidaria, proyectos culturales, municipios, oratoria, emprendimiento social.
- Cs. Veterinarias: desarrollo local, cría peces, aviturismo, conservación muestras biológicas, productores tamberos.
- Derecho: derecho al trabajo.
- Psicología: economía social.
- Escuela Agrotécnica: huerta, inseminación de porcinos.
- Instituto Politécnico Superior: poliuretano colado, preservativo femenino.
- Sede de Gobierno UNR: determinantes sociales de la salud.

Vinculaciones

- Asociación de Industriales Metalúrgicos (AIM Rosario).
- Asamblea de la Pequeña y Mediana Empresa (APyME Rosario).
- Asociación Empresaria Rosario (AER).
- Federación Gremial de Comercio e Industria (FECOI).
- Federación de Industriales de la Provincia de Santa Fe (FISFE).
- Unión Industrial Región Rosario (UNIRR).
- Bolsa de Comercio Rosario.
- Además, la UNR cuenta con 13 Institutos de doble dependencia con el CONICET.

Universidad Nacional del Litoral (UNL)

La UNL posee 10 facultades, escuelas y dependencias en las ciudades de Esperanza, Reconquista, Avellaneda, Rafaela, Sunchales y Gálvez La sede central se encuentra en Rosario.

Especialización y transferencia

- Instalación de biodigestores
- Estudio de las propiedades de un arbusto para obtener biodiesel
- Relevamiento sobre los recursos pesqueros
- Estudios de evaluación de impacto ambiental.
- Desarrollo de sistemas de tratamiento no convencionales de efluentes (humedales, wetlands).
- Control de calidad de agua potable, subterránea, naturales, para ganado, para riego, de natatorios, etc.
- Evaluación de contaminantes en sistemas acuáticos. Impacto en el agua, sedimentos, vegetación.
- Estudios de evaluación de impacto ambiental. Evaluación de impacto ambiental.
- Diagnósticos del estado de funcionamiento de sistemas de provisión de agua potable y desagües cloacales.
- Optimización de su uso racional y diseño de redes.

- Generación de información básica regional sobre tierras y aguas, como base para una contabilidad ambiental del patrimonio territorial.
- Planificación y monitoreo de ensayos destinados a evaluar el impacto de la aplicación al suelo de residuos, subproductos o efluentes industriales.
- Medio ambiente.
- Evaluaciones de impacto ambiental.
- Diagnósticos generales del estado de funcionamiento de sistemas de provisión de agua potable y desagües cloacales. Optimización de su uso racional y diseño de redes.
- Elaboración, ejecución y evaluación de planes, programas y proyectos de educación sanitaria y de mejoramiento de las condiciones ambientales.
- Programación y realización de muestreos y determinaciones de campo. Interpretación de resultados de análisis físicos, químicos y microbiológicos de aire, agua, suelos, alimentos, líquidos cloacales, residuos industriales y residuos sólidos, incluyendo la aplicación de modelos matemáticos de predicción de calidad del aire y aguas.
- Elaboración y aplicación de planes de gestión al tratamiento, manipulación, transporte y disposición final de residuos y efluentes sólidos, líquidos y gaseosos. Realización de arbitrajes y pericias en relación con los temas indicados precedentemente.
- Asesoramiento en políticas de saneamiento, prevención, protección y conservación del medio.
- Realización de estudios e investigaciones científicas sobre análisis, evaluación y control de impactos que, sobre el ambiente provoquen o puedan provocar obras o acciones antrópicas.
- Ejecución de planes de monitoreo y vigilancia ambiental.
- Manejo y uso sustentable del recurso pesquero; determinación de indicadores biológicos; uso de peces en biomonitoreos de calidad del agua.
- Proyectos de gestión integral de residuos sólidos urbanos y tratamiento de efluentes por procesos con ozono y UV. Asesoramiento y participación en el desarrollo de planes estratégicos.
- Abordaje interdisciplinario de problemáticas ambientales, incluyendo el diseño de sistemas de gestión de residuos sólidos y efluentes. Planes de gestión de residuos sólidos.
- Desarrollo de estrategias y herramientas para estudios de factibilidad técnico económica de procesos convencionales y no convencionales de tratamiento de efluentes y ensayos de trazabilidad fisicoquímica y biológica de efluentes líquidos industriales.
- Producción y aprovechamiento de biogás a partir de residuos orgánicos domiciliarios, con producción de energía renovable y abono orgánico; tecnologías para el reciclaje, tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos rurales, domiciliarios e industriales y su correspondiente disposición final; determinaciones experimentales de conversión de residuos sólidos orgánicos en biogás y estudios

de factibilidad y orden de inversión para proyectos de reciclaje y tratamiento de residuos.

- Evaluación de alternativas de trazabilidad para efluentes industriales y cloacales y su utilización para la producción de biogás.
- Producción de biodiesel: diseño conceptual de equipamiento para producción a escala del biodiesel; desarrollo de procesos, incluyendo materias primas convencionales y no convencionales; formación de recursos humanos, en técnicas de producción y control de calidad; control de calidad y asesoramiento en procesos; diseño de plantas de baja capacidad; reingeniería de plantas existentes y dictado de cursos.
- Planificación y programación de procesos industriales; de manufactura “batch” y continuas; oleoductos y poliductos; flotas de transporte a tiempo real.
- Producción de sistemas de manufactura flexible.
- Ontología para el modelo de productos de empresas industriales y para el modelado y evaluación de cadenas de suministros.
- Modelado conceptual de empresas y procesos de diseño ingenieril.

Vinculaciones

Existen trece (13) institutos de doble dependencia articulados con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)

Centro Científico Tecnológico CONICET Rosario

El Centro Científico Tecnológico (CCT) Rosario se encuentra compuesto por un total de 1.088 personas. La mayor parte del instituto se encuentra integrada por becarios seguidos de investigadores.

Áreas	
<ul style="list-style-type: none"> ● Cs. Agrarias, de la ingeniería y materiales ● Cs. Biológicas y de la salud ● Cs. Exactas y naturales ● Cs. Sociales y humanidades ● Tecnología 	
Institutos	Especialización y transferencia
Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario	<ul style="list-style-type: none"> ● Plataforma de Biotecnología Acuática. ● Biología Molecular y Celular de Lípidos. ● Bioquímica y Biología Molecular del Desarrollo. ● Biología del Estrés en Plantas. ● Estructura, plegamiento y función de proteínas. ● Proteínas redox y respuesta antioxidante.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Fisiología Microbiana. ● Patogénesis Bacteriana. ● Virus Oncogénicos. ● Oncología Molecular. ● Virología Humana. ● Fisiología y Genética de Actinomycetes. ● Fisiología y Genética de Bacterias Lácticas. ● Genómica Funcional Planta-Patógeno. ● Genética de las Interacciones Planta-Microorganismo. ● Interacciones Plantas-Microorganismos. ● Biología del ARN. ● Biofísica del Reconocimiento Molecular. ● Biología y Bioquímica de <i>Trypanosoma cruzi</i>. ● Transducción de Señales en Bacterias Patógenas. ● Protozoología Molecular. ● Metabolismo y señalización en plantas. ● Resistencia bacteriana a antimicrobianos. ● Metaloproteínas.
<p>Instituto de Inmunología Clínica y Experimental de Rosario</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Laboratorio de estudio de enfermedad de Chagas: líneas de investigación respecto al Chagas. ● Laboratorio de estudio en fisiopatología de la tuberculosis: líneas de investigación relacionadas a la tuberculosis. ● Estudios en infecciones por <i>staphylococcus aureus</i>. ● Laboratorio de ARN. ● Laboratorio de inmunohematología.
<p>Instituto de Estudios Críticos en Humanidades</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Teoría y crítica literarias contemporáneas. ● Estados de la ficción en escrituras latinoamericanas contemporáneas. ● Escritura y vida en la literatura latinoamericana contemporánea. ● Estudios culturales latinoamericanos. ● Problemas teóricos y críticos de los Estudios visuales en América Latina. ● Política, historia y cultura en Iberoamérica en los siglos XIX y XX. ● La teoría poscolonial en Latinoamérica. ● Psicoanálisis, enseñanza y transmisión.

<p>Instituto de Física Rosario</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Energías alternativas. ● Colisiones atómicas. ● Óptica aplicada a la Biología. ● Física y micromecánica de materiales heterogéneos. ● Metalurgia física. ● Física del plasma. ● Materiales cerámicos. ● Metrología óptica y fibras ópticas. ● Fisicoquímica en interfaces y nanoestructuras. ● Materiales ferroeléctricos. ● Sistema de electrones fuertemente correlacionados. ● Geofísica. ● Teorías cuánticas relativistas y gravitación. ● Teoría de campos. ● Física de la atmósfera, radiación solar, efectos biológicos y procesos de transmisión.
<p>Instituto de Fisiología Experimental</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Iniciación, desarrollo y modulación del cáncer hepático. ● Señalización en la diferenciación y la supervivencia celular. ● Fisiología y fisiopatología de los transportadores intestinales de drogas y su función de barrera química. ● Bases moleculares de la regulación de sistemas enzimáticos de biotransformación y transportadores ABC en hígado e intestino. ● Fisiología de las Aquaporinas en células hepáticas. ● Injuria hepática producida por distintos modelos experimentales de inflamación y desregulación metabólica. ● Vías de señalización y estructuras endocítico-degradativas como blancos de acción terapéutica de compuestos anti colestásicos. ● Vías de señalización implicadas en colestasis de origen intrahepático.
<p>Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Agrometeorología. ● Biocombustibles. ● Biodiversidad en sus distintos niveles de organización. ● Biogeografía. ● Bioinformática. ● Desarrollo reproductivo de plantas. ● Desarrollo territorial.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollos agro-biotecnológicos. ● Ecofisiología de cultivos. ● Ecología de bosques. ● Estrategias de protección vegetal. ● Fisiología vegetal. ● Genómica funcional de cultivos. ● Gestión ambiental. ● Interacción planta-patógeno. ● Manejo de cultivos extensivos. ● Manejo y conservación de suelos y aguas. ● Mejoramiento genético animal, vegetal y producción de semillas. ● Ordenamiento territorial. ● Recursos genéticos. ● Sistemas de producción vegetal y animal. ● Sociología del conocimiento y de la innovación. ● Tecnología de los alimentos. ● Teledetección y Sistemas de información geográfica. ● Transcriptómica y metabolómica.
Instituto de Investigaciones para el Descubrimiento de Fármacos de Rosario	<ul style="list-style-type: none"> ● Enfermedades neurodegenerativas. ● Oncología. ● Extractos químicamente diversificados. ● Química combinatoria dinámica. ● Productos Naturales.
Instituto de Procesos Biotecnológicos y Químicos Rosario	<ul style="list-style-type: none"> ● Empleo de la extracción líquido-líquido con sistemas bifásicos acuosos en procesos de recuperación de bioproductos y en el diseño de estrategias de bioseparación sustentables. ● Recupero de moléculas de importancia biotecnológica a partir de residuos de la agricultura local. ● Nuevas matrices poliméricas ecológicas con baja interacción de biomasa y alta capacidad de adsorción de moléculas de interés industrial. ● Desarrollo de una plataforma tecnológica novedosa para la producción industrial de enzimas de alta calidad.
Instituto de Química Rosario	<ul style="list-style-type: none"> ● Estudios químicos sobre productos naturales y sintéticos bioactivos. ● Desarrollo de estrategias de síntesis para aumentar diversidad molecular y su uso en la generación de bibliotecas de compuestos activos.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Estudios en la frontera entre la química y la biología. ● Desarrollo de materiales orgánicos de interés biológico y/o nanotecnológico. ● Biopolímeros y macromoléculas portadores de fármacos y microorganismos. Estudio de métodos para la obtención de sistemas microparticulados. ● Modelado estructural y funcional de metaloenzimas. Diseño de catalizadores biomiméticos y estudios de mecanismos catalíticos. ● Bioinorgánica del cromo. Estudios de remediación de aguas contaminadas con iones metálicos pesados. ● Desarrollo de biosensores electroquímicos para determinaciones en medios complejos: aplicación al diagnóstico clínico de infecciones. ● Modelado quimiométrico avanzado de señales espectroscópicas de luminiscencia y absorción. Usos analíticos a mezclas de composición compleja. ● Desarrollo de películas comestibles para su aplicación en la elaboración de alimentos.
<p>Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aprendizaje y desarrollo organizacional. ● Desarrollo cognitivo Infantil. ● Programa de dispositivos hipermediales dinámicos. ● Historia y Política de la Educación. ● Instituciones y Prácticas Educativas. ● Lenguas, Cultura y Educación. ● Pedagogía. ● Procesos sociocognitivos del aprendizaje.
<p>Investigaciones Socio-históricas Regionales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Configuraciones Socio-espaciales. ● Prácticas asociativas, sociabilidades y formación de identidades. ● Los actores y sus experiencias socio-políticas y culturales. ● Historia de la Educación. ● Historia Social de la Justicia.
<p>Centro de Estudios Fotosintéticos y Bioquímicos e Investigadores, el centro Internacional Franco Argentino de Ciencias de la</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciencias Agrarias, Ingeniería y materiales. ● Ciencias Biológicas y de la Salud. ● Ciencias Exactas y Naturales. ● Ciencias Sociales y Humanidades.

Información y de Sistemas	
---------------------------	--

Centro Científico Tecnológico CONICET Santa Fe

El CCT Santa Fe cuenta con más de 1.250 integrantes que trabajan en 17 institutos de investigación, en la unidad de administración y en la zona de influencia.

Áreas	
<ul style="list-style-type: none"> ● Cs. Agrarias, de la ingeniería y materiales ● Cs. Biológicas y de la salud ● Cs. Exactas y naturales ● Cs. Sociales y humanidades ● Tecnología 	
Institutos	Especialización y transferencia
Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción	<ul style="list-style-type: none"> ● Paleontología. ● Zoología. ● Geología y geomática. ● Botánica y actuopalinología. ● Arqueología. ● Genética y microbiología
Centro de Investigación de Métodos Computacionales	<ul style="list-style-type: none"> ● Dinámica de fluidos y termomecánica. ● Mecánica de sólidos y dinámica de estructuras y mecanismos. ● Computación paralela. ● Desarrollo en métodos numéricos. ● Desarrollo de drones y sistemas de control.
Instituto de Agrobiotecnología del Litoral	<ul style="list-style-type: none"> ● Biotecnología Vegetal: Aplicación de herramientas de Ingeniería ● Genética al mejoramiento vegetal. ● Biología del ARN: mecanismos reguladores de la actividad y producción de los micro ARNs. ● Biología Molecular. ● Enzimología Molecular: Desarrollo de herramientas químicas y biológicas para aplicaciones de biorrefinerías; Metabolismo del carbono, la energía y el poder reductor en células autótrofas y heterótrofas.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Epigenética y ARNs no codificantes: ARNs largos no codificantes; ● Epigenética de plantas; Topología del genoma. ● Microbiología Molecular. ● Evolución del desarrollo: investigación en el área de gramíneas.
Instituto de Investigación y Desarrollo en Bioingeniería y Bioinformática	
Instituto de Ciencias Veterinarias del Litoral	
Instituto de Física del Litoral	<ul style="list-style-type: none"> ● Grupo de Física de Superficies ● Modelado computacional en materia condensada. ● Física de semiconductores. ● Biofísica y propiedades magnéticas de materiales.
Instituto de Humanidades y Ciencias Sociales del Litoral	<ul style="list-style-type: none"> ● Problemática del Conocimiento y sus Implicancias. ● Lenguas, Literaturas y Lenguajes. ● Estudios Interdisciplinarios Sociohistóricos. ● Estudios sobre Estado, Espacio y Desarrollo
Instituto de Matemática Aplicada del Litoral	<ul style="list-style-type: none"> ● Análisis Armónico y Real. Aplicaciones. ● Problemas Inversos y Aplicaciones. ● Lógica algebraica. ● Análisis de Neuroimágenes. ● Análisis Multifractal Multivariado y Transformación Scattering.
Instituto Nacional de Limnología	<ul style="list-style-type: none"> ● Determinación y análisis de parámetros físico y químicos del agua en sistemas naturales y artificiales. ● Determinación de bacterioplancton. ● Análisis cuali y cuantitativo, en ambientes acuáticos continentales. ● Estudio limnológico para evaluar el impacto ambiental sobre la calidad del agua y la calidad biótica de ambientes acuáticos continentales. ● Análisis y diagnóstico del estado del ambiente incluyendo potenciales VECs. ● Identificación de condición en diferentes niveles de organización biológica ● Servicios y asesoramiento en acuicultura.

	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios y asesoramiento en la creación, manejo y recuperación de humedales naturales y artificiales. • Ensayos de toxicidad con invertebrados y vertebrados . • Evaluación de enfermedades en crustáceos.
Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica “Ing. José Miguel Parera”	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de refinación de petróleo y petroquímica. • Eliminación de contaminantes de efluentes gaseosos y líquidos. • Desarrollo de procesos para la preservación del ambiente incluyendo la producción de combustibles no contaminantes. • Reactores catalíticos. • Desarrollo de procesos para el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos del país, tanto convencionales como no convencionales y renovables. Valoración de recursos de la biomasa. • Procesos catalíticos en química fina. • Nuevos materiales. • Nuevas formas de energía.
Instituto de Estudios Sociales	
Instituto de Desarrollo y Diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo, diseño y aplicación de nuevas tecnologías (nanotecnología, biotecnología, energías alternativas, etc). • Ingeniería de software y base de datos. • Síntesis, diseño, modelado y optimización de procesos y sistemas integrados de producción y manufactura. • Tecnologías informáticas para la gestión de los procesos de las organizaciones.
Instituto de Lactología Industrial:	investigación orientada hacia la leche y los productos lácteos, principalmente quesos.
Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentos y biotecnología: alternativas tecnológicas para elaborar alimentos saludables; desarrollo de bioprocesos enzimáticos; bioprospección de enzimas de interés industrial. • Catálisis y Fisicoquímica: catálisis Heterogénea; procesos oleoquímicos; espectroscopia molecular in-situ y operando. • Ingeniería Ambiental: desarrollo de microdispositivos para aplicaciones en fotocatalisis; desarrollo de sensores para la detección de agroquímicos; valorización de residuos orgánicos a través de procesos aeróbicos; aplicación en cultivos y en restauración de suelos; entre otros.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Ingeniería Industrial: planificación y programación de operaciones en redes logísticas; diseño y planeación de cadenas de suministro a lazo cerrado operando bajo incertidumbre; micro-redes eléctricas aplicadas a la optimización energética de procesos industriales; gestión de operaciones en un contexto hiperconectado; entre otros. ● Ingeniería Química: monitoreo de procesos e Identificación de sistemas; diseño y evaluación de sensores por software (soft-sensors) aplicables en la industria de procesos; diseño integral de procesos y dispositivos para la remediación ambiental; entre otros. ● Polímeros y materiales: desarrollo de nuevos materiales poliméricos dispersos en agua y su aplicación en recubrimientos, adhesivos y plásticos; electrónica bio-integrada; polímeros para aplicaciones en energía y medioambiente; entre otros. ● Química: desarrollo de nuevos tensioactivos biodegradables; diseño, síntesis y evaluación de novedosos elastómeros con aplicaciones biomédicas; síntesis y evaluación en la reacción de oxidación de agua de Nuevos metalo-porfirinoideos (corroles y porfirinas); entre otros.
Instituto de Química Aplicada del Litoral	<ul style="list-style-type: none"> ● Electrocatálisis. ● Química teórica y computacional. ● Química ambiental. ● Fisicoquímica orgánica. ● Síntesis orgánica. ● Termodinámica de soluciones
Instituto de Salud y Ambiente del Litoral	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciencias de la salud y su relación con el ambiente.
Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional	<ul style="list-style-type: none"> ● Tecnologías en inteligencia artificial. ● Procesamiento de señales e imágenes. ● Control y análisis de sistemas complejos. ● Bioinformática.

Acuario del Río Paraná

Se trata de una iniciativa pública del Gobierno de la provincia de Santa Fe que persigue la conservación ambiental y el aprovechamiento sustentable del Río Paraná.

Especialización y transferencia

- Estudio y asignación de un código de barras genético para identificar especies del Río
- Paraná inferior.
- Desarrollo de marcadores moleculares de ADN a partir de secuencias masivas para estudios de diversidad genética.
- Estudio genético de poblaciones de especies nativas producidas por acuicultura y sometidas a presión de pesca.
- Estudio de los mecanismos involucrados en el crecimiento corporal y muscular de los peces.

Vínculos

El laboratorio mixto de biotecnología acuática integra diversas redes a nivel internacional a través de proyectos de intercambio científico con centros de Uruguay, Brasil, México, España, Alemania y Estados Unidos, entre otros.

Además, para el estudio y asignación de un código de barras genético para la identificación de especies del Río Paraná inferior participa de un proyecto global, International Barcoding of Life (IBOL), que intenta catalogar la biodiversidad de especies del planeta a través de la asignación de un código de barras genético por especie.

III.ii.ii Plan Estratégico Provincial de Ciencia, Tecnología e Innovación

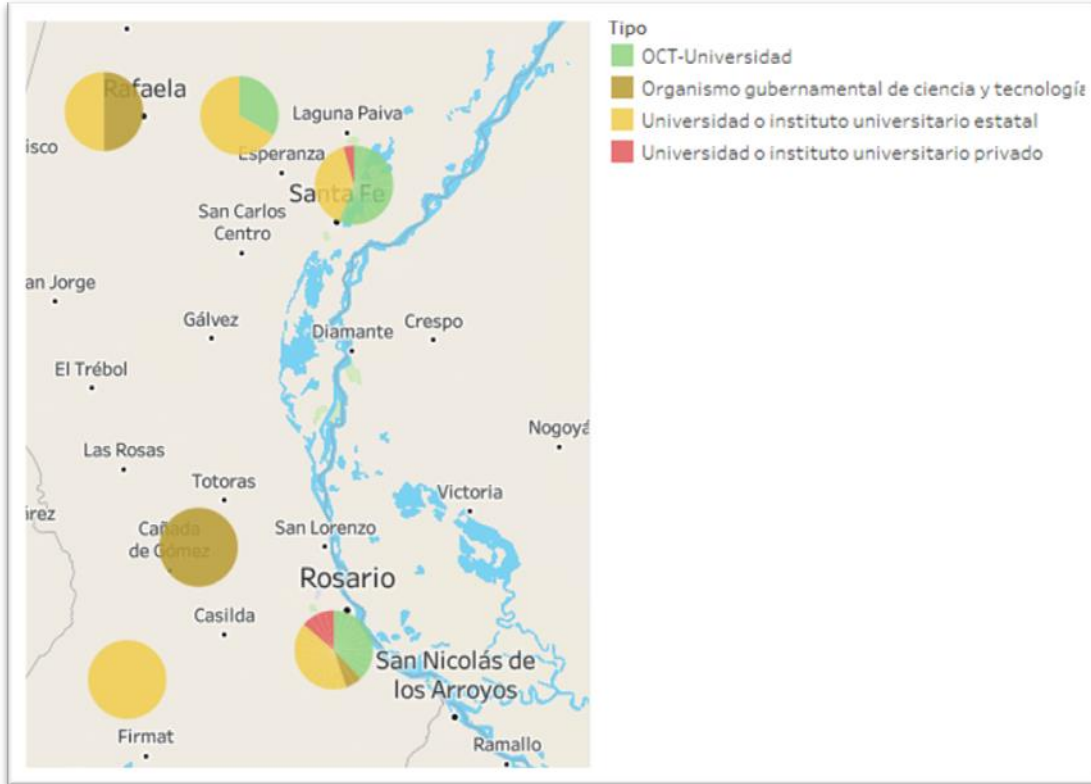
El Plan Estratégico Provincial de Ciencia, Tecnología e Innovación incluye los lineamientos a 10 años para impulsar el desarrollo inclusivo, autónomo y sustentable de la provincia de Santa Fe, para la mejora de la calidad de vida de las y los santafesinos, la dinamización de las economías regionales, la innovación continua de la gestión y el funcionamiento del Estado, articulando las capacidades productivas, científico-tecnológicas y de innovación existentes y potenciales en el territorio.

La elaboración del Plan Estratégico fue un proceso de co-construcción con todos los sectores de la provincia que contribuyeron en la definición de los lineamientos estratégicos para una política de Estado. En este proceso se fortalecieron los vínculos y las interacciones con las instituciones dedicadas específicamente a la actividad científico-tecnológica y de innovación del ámbito público y privado. El Plan contiene 200 desafíos, 1 Banco de Proyectos, 7 Ejes Estratégicos, 5 Vectores, y se elaboró con un horizonte temporal de 10 años.

Para realizar la construcción colectiva del Plan Estratégico Provincial y el Banco de Proyectos, se trabajó en células agrupadas en 7 ejes estratégicos transversales, que se relacionaron con 5 vectores, que son las grandes temáticas sociales y productivas orientadoras que deben fortalecerse, potenciarse y/o desarrollarse.

- Ejes estratégicos Transversales:
 - Ecosistema y gobernanza.
 - Financiamiento.
 - Infraestructura y equipamiento.
 - Talento.
 - Marco normativo.
 - Vinculación tecnológica.
 - Información y áreas de vacancia.
- Vectores:
 - Agroalimentos y agrotecnología.
 - Ambiente y Cambio Climático.
 - Salud.
 - Conectividad y Digitalización.
 - Industrias de contenido.

Una de las primeras iniciativas del Banco de Proyectos del Plan Estratégico es el “Relevamiento Provincial de Equipamiento Científico y Tecnológico: Red Equipamiento SF-CTI”, con el fin de recabar información precisa del equipamiento científico-tecnológico de mediano y gran porte en la provincia de Santa Fe (Mapas III.i y III.ii Tablas III.iii y III.iv).



Mapa III.i . Distribución de Instituciones de CTI por tipo

Fuente: elaboración propia en base a datos del Portal de Información de Ciencia y Tecnología Argentino.¹³

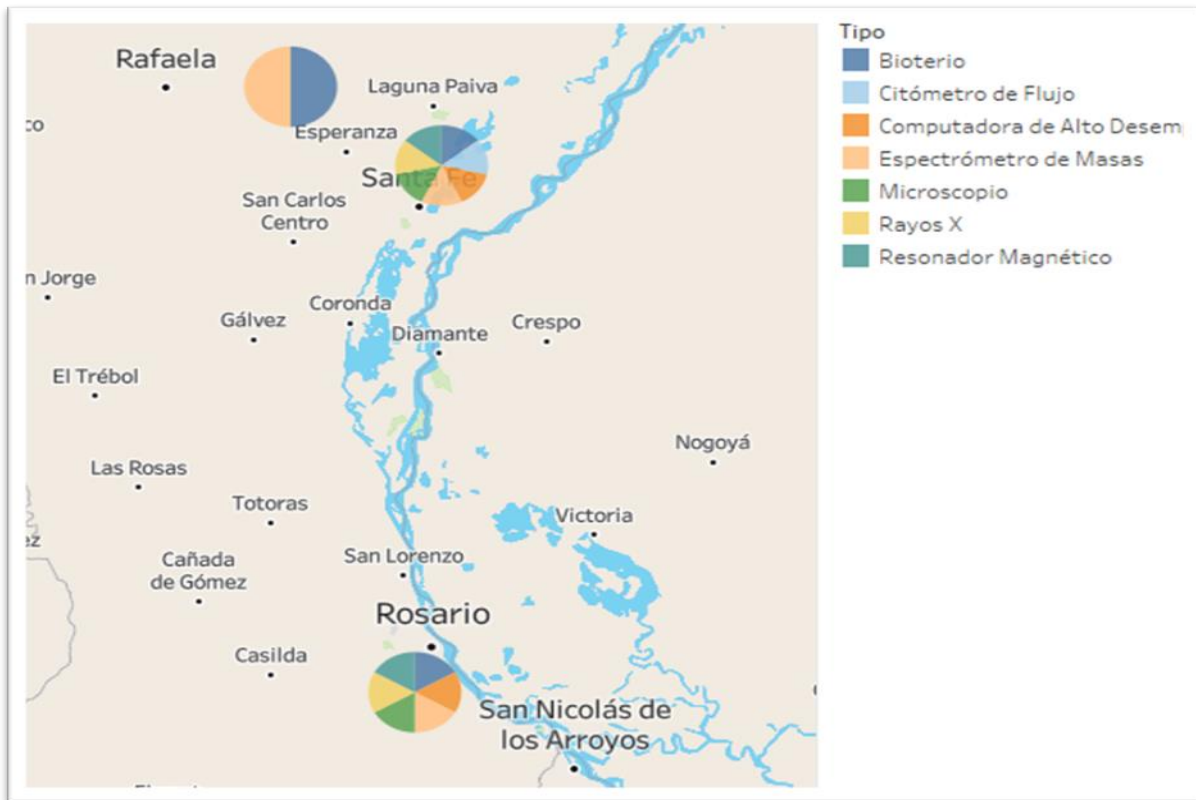
Tabla III.iii . Distribución de instituciones de CTI por localidad

Localidad	Tipo	Cantidad
Casilda	Universidad o instituto universitario estatal	1
Esperanza	OCT-Universidad	1
	Universidad o instituto universitario estatal	2

¹³ https://sicytar.mincyt.gov.ar/informesprovinciales/#/vista_provincia?provincia=SANTA%20FE

Oliveros	Organismo gubernamental de ciencia y tecnología	1
Rafaela	Organismo gubernamental de ciencia y tecnología	1
	Universidad o instituto universitario estatal	1
Reconquista	Organismo gubernamental de ciencia y tecnología	1
	Universidad o instituto universitario estatal	1
Rosario	OCT-Universidad	10
	Organismo gubernamental de ciencia y tecnología	2
	Universidad o instituto universitario estatal	11
	Universidad o instituto universitario privado	4
Santa Fe	OCT-Universidad	13
	Universidad o instituto universitario estatal	9
	Universidad o instituto universitario privado	1
Venado Tuerto	Universidad o instituto universitario estatal	1
Zavalla	OCT-Universidad	1
	Universidad o instituto universitario estatal	1
Total		62

Fuente: elaboración propia en base a datos del Portal de Información de Ciencia y Tecnología Argentino.



Mapa III.ii . Distribución de equipos de CTI por tipo

Fuente: elaboración propia en base a datos del Portal de Información de Ciencia y Tecnología Argentino.

Tabla III.iv. Distribución de equipos de CTI por localidad

Localidad	Tipo	Cantidad
Esperanza	Bioterio	1
	Espectrómetro de Masas	1
Rosario	Bioterio	2
	Computadora de Alto Desempeño	1
	Espectrómetro de Masas	4

	Microscopio	8
	Rayos X	2
	Resonador Magnético	4
Santa Fe	Bioterio	2
	Citómetro de Flujo	1
	Computadora de Alto Desempeño	5
	Espectrómetro de Masas	1
	Microscopio	6
	Rayos X	3
	Resonador Magnético	2
Total		43

Fuente: elaboración propia en base a datos del Portal de Información de Ciencia y Tecnología Argentino.

III.iii Capacidades industriales en bienes de capital

Un conjunto de tendencias de carácter mundial impulsan de manera exponencial la demanda de productos derivados de la biomasa, a la vez que exigen un mejor, más eficiente y nuevos usos de la misma. Tanto el crecimiento demográfico, la demanda creciente de recursos naturales, el crecimiento de desechos y urbanización como el impacto del cambio climático en la disponibilidad de recursos renovables y en el declive de recursos no renovables, son elementos que abren una ventana de oportunidad asociada al acceso a la biomasa y su uso eficiente.

Sin embargo, no es lo mismo especializarse en la producción de biomasa que desarrollar y trasladar capacidades tecnológicas en derredor de toda una cadena de valor, como en el caso de los segmentos (Fig. III.v):

- Agrícola, forestal, pesquero.

- Alimentos, papel, celulosa.
- Parte de la química y la energética.
- Parte de la farmacéutica, medicina y textil.
- Industria manufacturera.

El sector productor de bienes de capital es, en buena parte, transversal en el ciclo de la bioeconomía. Pero dado que se trata de un paradigma en despliegue, es preciso orientar acciones a fin de identificar oportunidades y construir nuevos nichos de negocio.

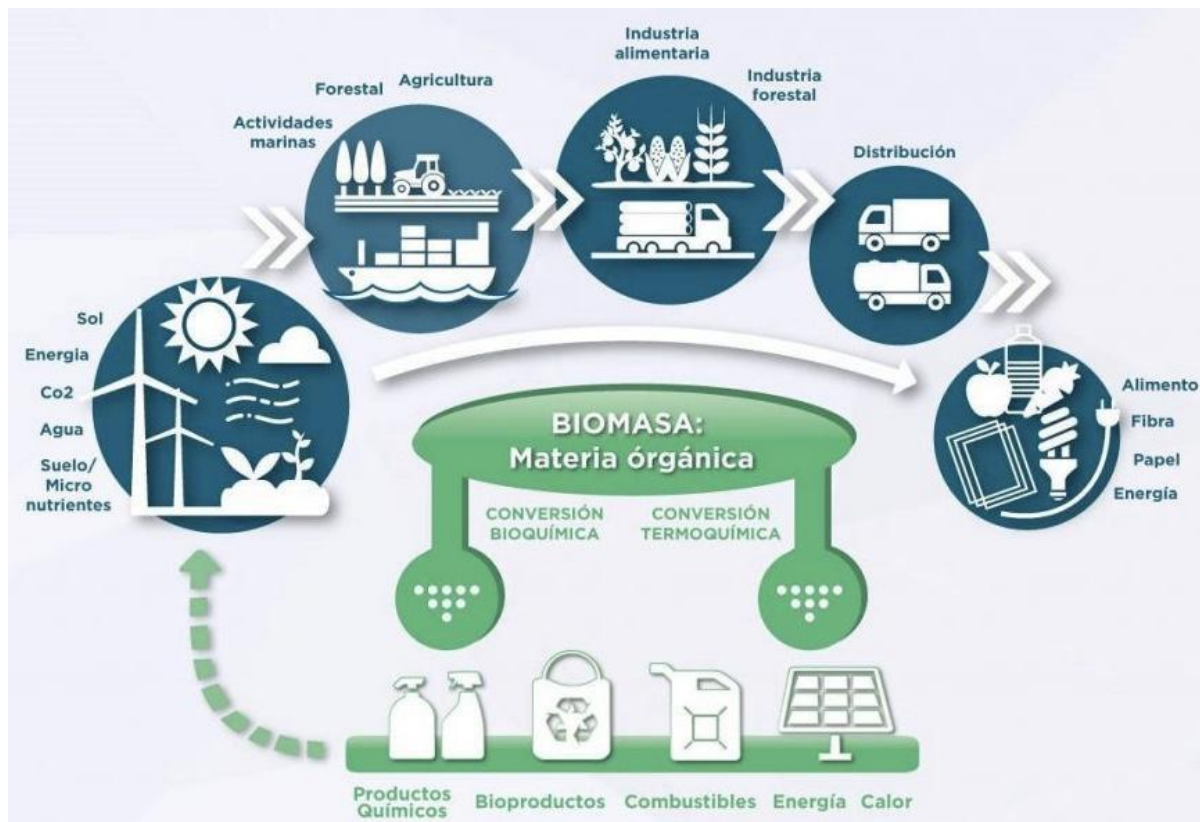


Figura III.v. Ciclo de la bioeconomía.

Fuente: web CIPIBIC

Los niveles en los que trabaja actualmente la agroindustria sólo constituyen una parte del agregado de valor posible. La organización en cascada ofrece la posibilidad de procesos secuenciales de agregado de valor a la biomasa. El uso en cascada refiere a la utilización eficiente de los recursos y al uso “circular” de cualquier biomasa. Éste ofrece grandes oportunidades, sin generar competencia con la alimentación, aunque como contracara exige nuevos modelos de negocios y vinculación.

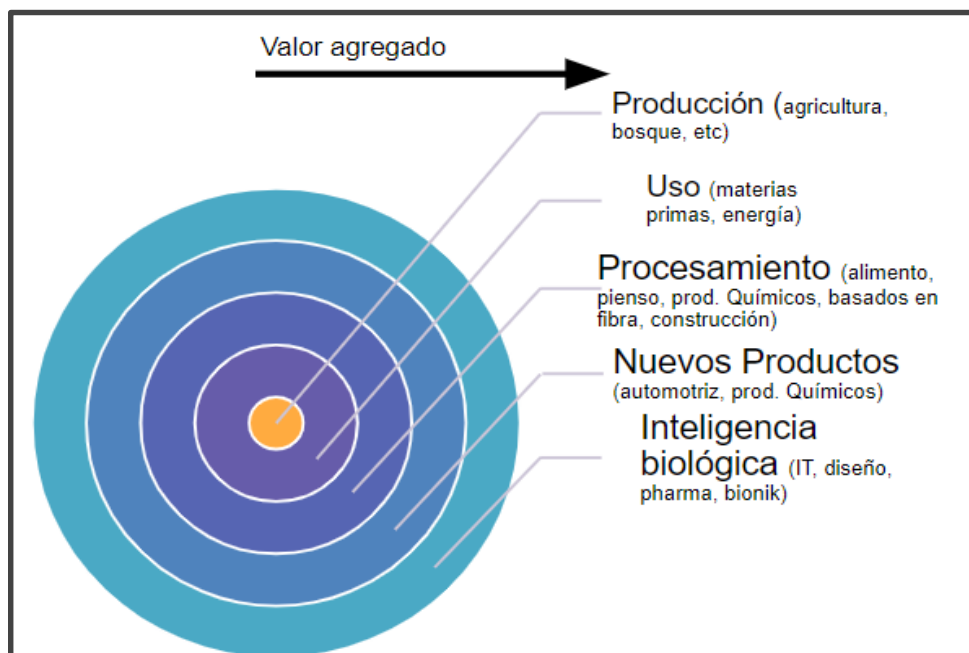


Figura III.vi Aprovechamiento en cascada de la biomasa

Fuente: web CIPIBIC

En la bioeconomía el desafío clave consiste, pues, en lograr cerrar el ciclo de la biomasa, consiguiendo conectar las diferentes “cascadas” del proceso(Fig. III.vi) En este sentido, la industria de bienes de capital ha de comprender todo el ciclo de vida de productos de origen animal o vegetal, a la vez de ofrecer soluciones del mayor grado de integración posible. Ello implica desarrollar una nueva visión del rol del proveedor de bienes de capital, a la vez que redefinir la estrategia comercial y de desarrollo de productos.

La industria nacional de bienes de capital cuenta con tecnología propia para el diseño, ingeniería básica y de detalle, fabricación, montaje y puesta en marcha para múltiples aplicaciones vinculadas a la bioeconomía y otros segmentos que se detallan en la Tabla.

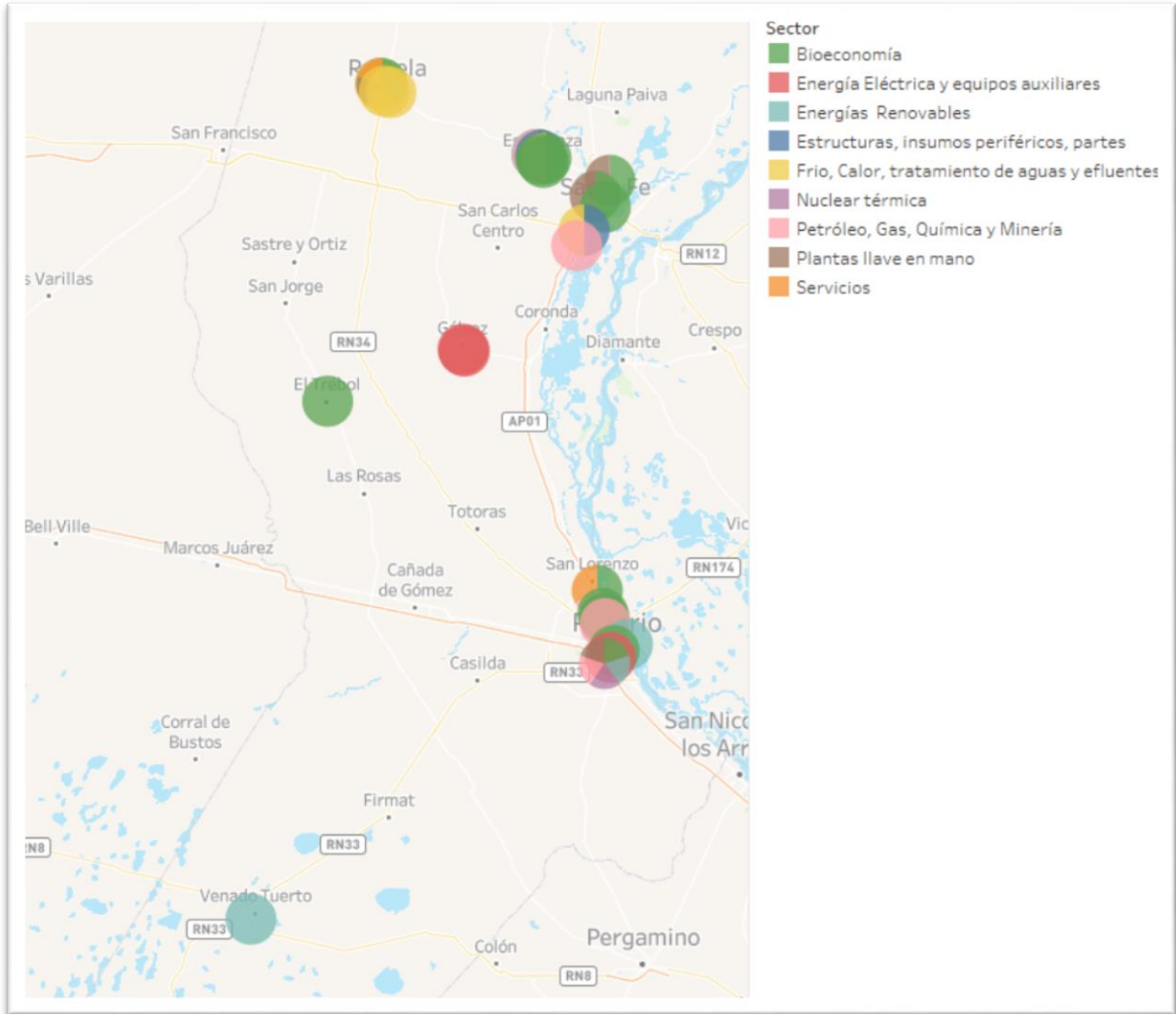
Tabla III.v. Sectores y productos ligados a la bioeconomía en los que participa la industria nacional de bienes de capital

Bioenergías	Servicios	Farmacéutica, química, cosmética
<ul style="list-style-type: none"> ● Calderas ● Biodigestores ● Silos, tanques 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ingeniería ● Logística ● Montaje 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tanques ● Reactores ● Dosificadores

<ul style="list-style-type: none"> ● Transportes ● Hornos ● Generadores 	<ul style="list-style-type: none"> ● Instalación ● Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> ● Llenadoras ● Ensambladoras
<p>Industria alimenticia</p>		<p>Bienes auxiliares</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Lácteos, cerveza, cereales, balanceados, té, frutas, verduras, hortalizas. ● Equipos de frío, plantas de tratamiento de aguas y efluentes, clasificación, secado, envasado, procesamiento, limpieza, finales de líneas, empaquetadoras, secadoras, transportes. 		<ul style="list-style-type: none"> ● Transformadores ● Grupos electrógenos ● Compresores ● Cables ● Seccionadores, interruptores, celdas ● Estructuras metálicas, galpones ● Pinturas especiales ● Equipos de elevación y transporte.

Fuente: elaboración propia en base a datos aportados por CIPBIC

Particularmente, la provincia de Santa Fe dispone de una masa crítica de industrias productoras de bienes de capital vinculadas directa e indirectamente al ciclo de la bioeconomía, localizadas en los polos industriales y tecnológicos de la provincia sobre eje de las ciudades Rosario-Santa Fe-Esperanza-Rafaela (Mapa III.iii).

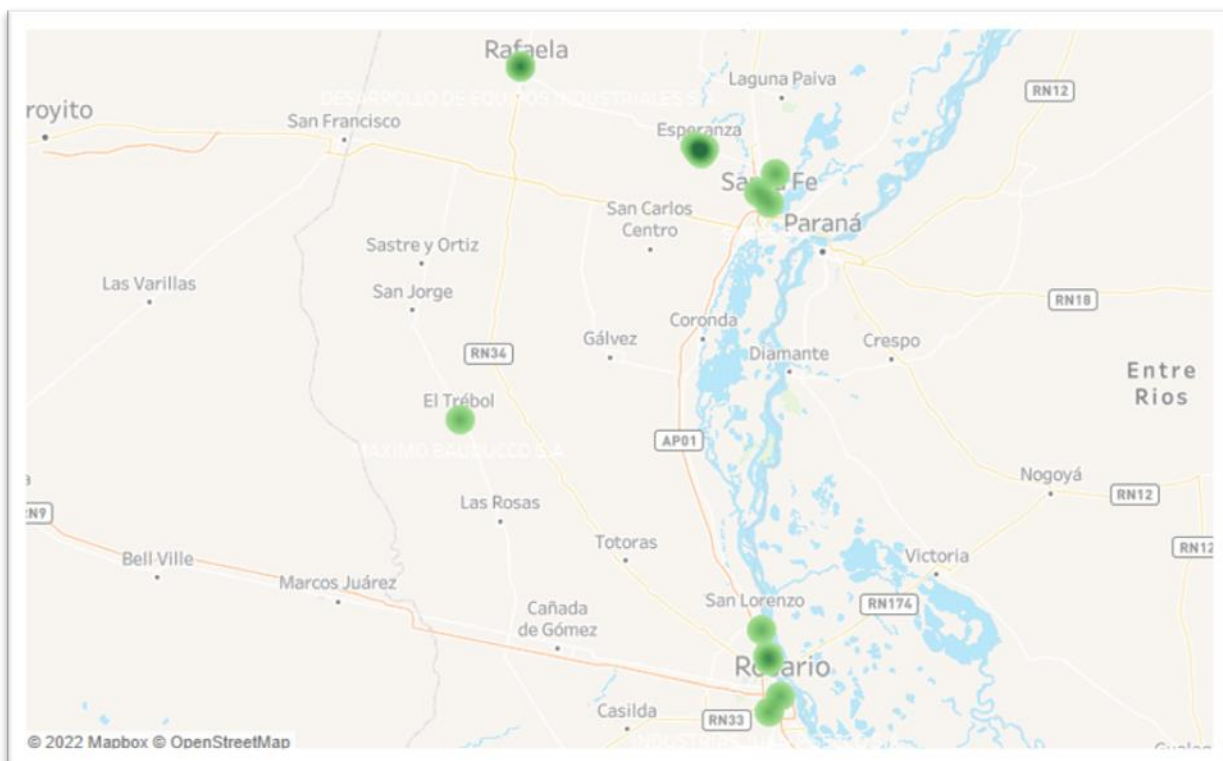


Mapa III.iii. Distribución de empresas productoras de bienes de capital por sector- Provincia de Santa Fe.

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

A continuación, se brinda detalle del mapeo de empresas, productos y su ubicación para cada segmento de la industria de bienes de capital en la provincia de Santa Fe (Tablas III.vi a III.xiv y Mapas III.iv al III.xiii).

III.iii.i Bioeconomía



Mapa III.iv Distribución empresa por producto: Bioeconomía

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.vi Distribución empresa por producto: Bioeconomía

Ciudad	Empresa	Producto
Baigorria	ARGENTAL S.A.	Máquinas para panadería, hornos industriales
	CADEN S.R.L.	Sistemas de transportes de flujo continuo para materiales a granel: Elevadores a cangilones, cintas transportadoras
El Trébol	MAXIMO BAUDUCCO S.A.	Equipos para la industria láctea (transporte, almacenamiento, frío, procesos)

Esperanza	FIMACO S.A.	Calderería pesada; calderas, autoclaves, graserías, tanques, equipos petroleros
	METALÚRGICA SARMIENTO S.R.L	Equipos para la Aspiración, Transporte y Filtrado de Polvos y Gases
	S.A. LITO GONELLA E HIJO I.C.F.I.	Calderas, Calderería pesada / Tanques y equipos petroleros
	T.I.M.E. S.A.I.C.	Equipos para la deshidratación, limpieza, clasificación y molienda de hierbas medicinales, aromáticas, té, yerba mate, hortalizas, verduras, frutas, flores
Monte Vera	ASEMA S.A.	Equipos de procesos de industria alimenticia: láctea, bebidas y jugos; Carnes. Biorrefinerías
Rafaela	DESARROLLO DE EQUIPOS INDUSTRIALES S.A.	Plantas para clasificación y tratamiento de residuos; chipeadoras; plantas de fertilizantes sólidos
	GIULLIANI HERMANOS S.A.	Plantas de alimentos balanceados
Rosario	INDUSTRIAS JUAN F SECCO S.A.	Equipos petroleros de superficie / Plantas compresoras de Gas / Generación eléctrica distribuida
	INGESIR ENVASADORAS SRL	Envasadoras para sólidos, líquidos, viscosos. Llenadoras, embolsadoras, cintas transportadoras
San Lorenzo	PEITEL S.A.	Estampa ASME, plantas biomasa
Santa Fe	ESPAQFE INGENIERIA SRL	Plantas llave en mano leche en Polvo / Evaporadores, secadores

	SIMES S.A.	Equipos para la industria alimenticia: Bombas, homogenizadores de pistones, atomizadores, mezcladores.
--	------------	--

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.ii Energía Eléctrica y equipos auxiliares



Mapa III.v Distribución empresa por producto: Energía Eléctrica y equipos auxiliares

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.vii: Distribución empresa por producto: Energía Eléctrica y equipos auxiliares

Ciudad	Empresa	Producto
--------	---------	----------

Gálvez	BOUNOUS HNOS. S.A.	Motores; grupos electrógenos
	TADEO CZERWENY SA	Transformadores
Rosario	MAYO TRANSFORMADORES S.A.	Transformadores

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.iii Energías Renovables



Mapa III.vi Distribución empresa por productos: Energías Renovables

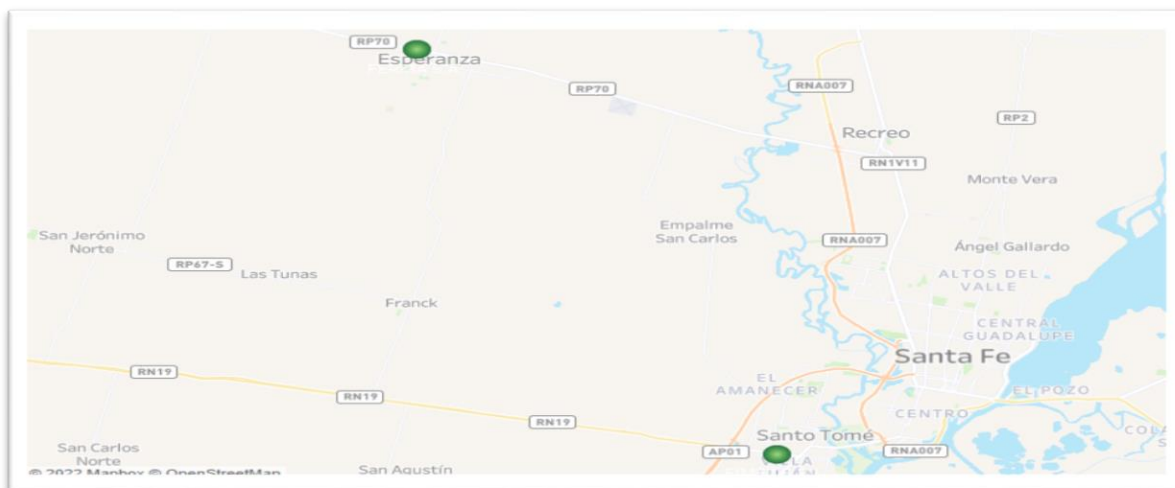
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.viii: Distribución empresa por productos: Energías Renovables

Ciudad	Empresa	Producto
Esperanza	SICA METALURGICA ARGENTINA S.A.	Torres para aerogeneradores
Rafaela	DESARROLLO DE EQUIPOS INDUSTRIALES S.A.	Plantas y equipos para tratamiento de RSU. Equipos para Biomasa. Generación de Biogás
Rosario	INDUSTRIAS JUAN F SECCO S.A.	Generación con biogás RSU
	SIDERGY S.A.	Desarrollo de proyectos eólicos y solares
Venado Tuerto	CORVEN SACIF	Trackers y estructuras para parques solares FV

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.iv Estructuras, insumos periféricos, partes



Mapa III.vii Distribución empresa por producto: Estructuras, insumos periféricos, partes

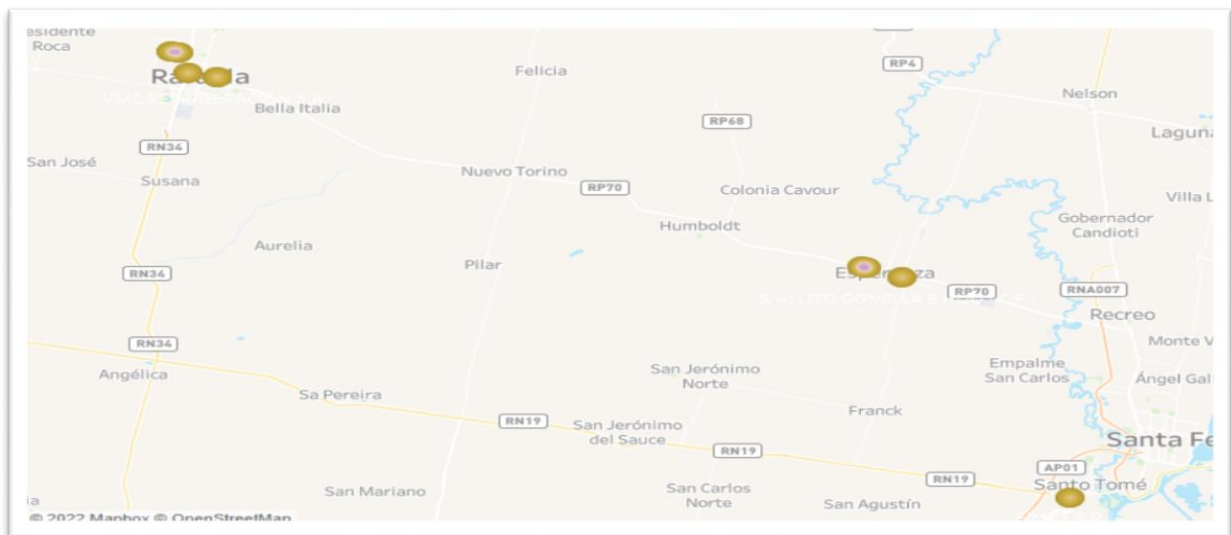
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.ix: Distribución empresa por producto: Estructuras, insumos periféricos, partes

Ciudad	Empresa	Producto
Esperanza	FERMA S.A.	Estructuras metálicas: Centros Comerciales, Edificios Pesados, Puentes Metálicos, Proyectos Mineros, Infraestructura Energética
Santo Tomé	FIMET S.R.L.	Torres tanque y cisternas

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.v Frío, calor, tratamiento de aguas y efluentes



Mapa III.viii Distribución empresa por producto: Frío, calor, tratamiento de aguas y efluentes

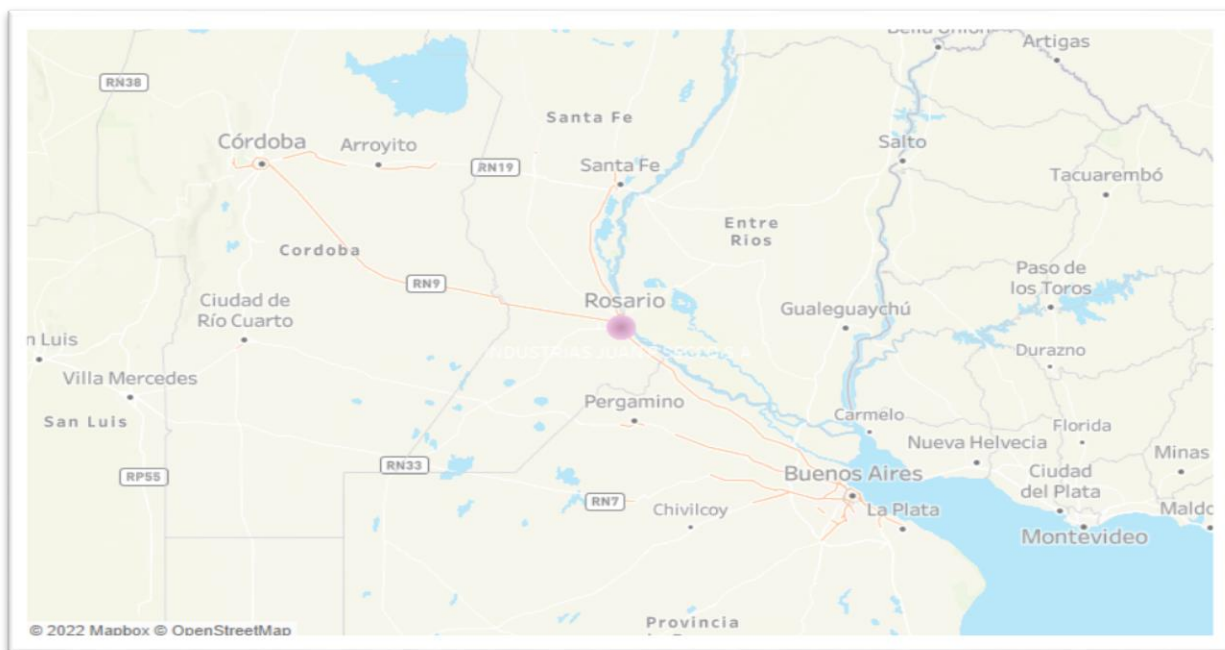
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.x: Distribución empresa por producto: Frío, calor, tratamiento de aguas y efluentes

Ciudad	Empresa	Producto
Esperanza	FIMACO S.A.	Calderería pesada; calderas, autoclaves, graserías, tanques, equipos petroleros
	S.A. LITO GONELLA E HIJO I.C.F.I.	Calderas, Calderería pesada / Tanques y equipos petroleros
	SICA METALURGICA ARGENTINA S.A.	Recipientes sometidos a presión para la industria del Petróleo, Gas y Química. / Chasis para aerogeneradores
Rafaela	DESARROLLO DE EQUIPOS INDUSTRIALES S.A.	Plantas para clasificación y tratamiento de residuos; chipeadoras; plantas de fertilizantes sólidos
	FRIORAF S.A.	Refrigeración industrial
	THERMOFIN SUDAMERICA S.A.	Evaporadores industriales
	VMC REFRIGERACIÓN S.A.	Refrigeración industrial
Santo Tomé	FIMET S.R.L.	Torres tanque y cisternas

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.vi Nuclear térmica



Mapa III.ix Distribución empresa por producto: Nuclear térmica

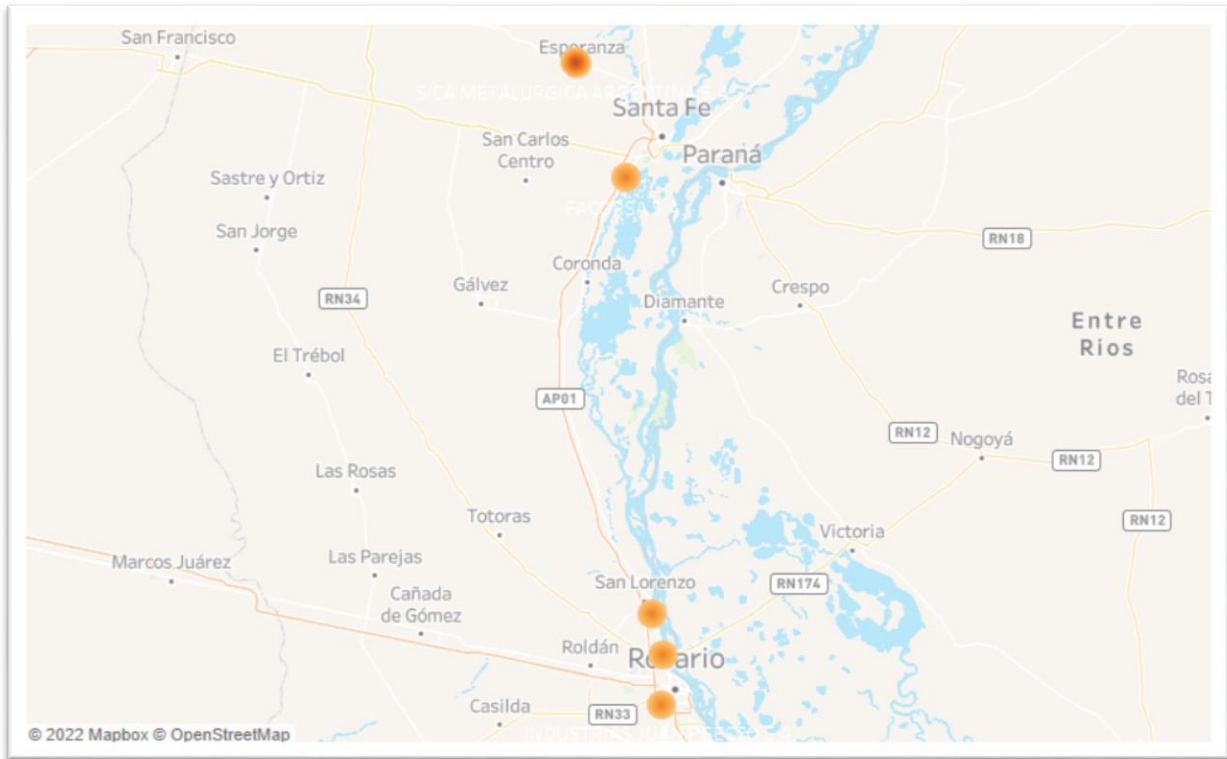
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.xi: Distribución empresa por producto: Nuclear térmica

Ciudad	Empresa	Producto
Rosario	INDUSTRIAS JUAN F SECCO S.A.	Equipos petroleros de superficie / Plantas compresoras de Gas / Generación eléctrica distribuida

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.vii Petróleo, Gas, Química y Minería



Mapa III.x Distribución empresa por producto: Petróleo, Gas, Química y Minería

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

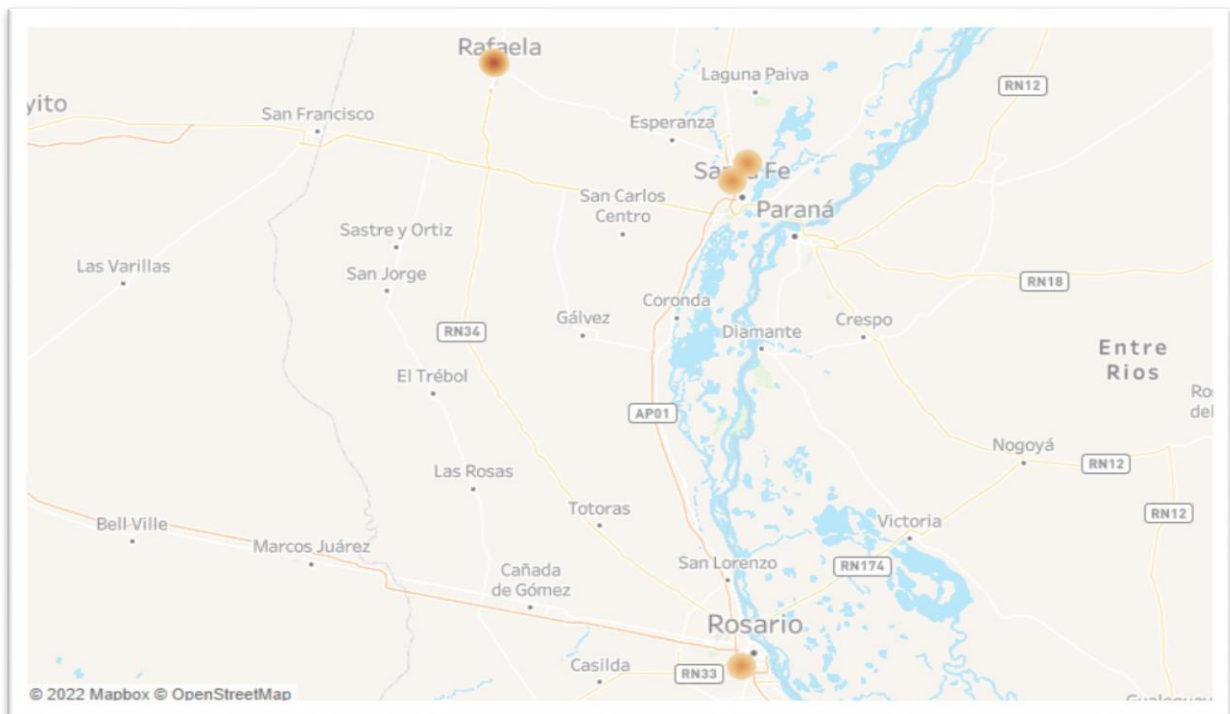
Tabla III.xii: Distribución empresa por producto: Petróleo, Gas, Química y Minería

Ciudad	Empresa	Producto
Esperanza	FIMACO S.A.	Calderería pesada; calderas, autoclaves, graserías, tanques, equipos petroleros
	SICA METALURGICA ARGENTINA S.A.	Recipientes sometidos a presión para la industria del Petróleo, Gas y Química. / Chasis para aerogeneradores

Rosario	EMU S.A.	Calderería pesada / equipos para la industria petrolera / Recipientes a presión
	INDUSTRIAS JUAN F SECCO S.A.	Equipos petroleros de superficie / Plantas compresoras de Gas / Generación eléctrica distribuida
San Lorenzo	PEITEL S.A.	Montajes industriales, equipos con estampa ASME, plantas biomasa
Santa Fe	FACORSA S.A.	Radiadores y componente de sistemas térmicos, intercambiadores de calor

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.viii Plantas llave en mano



Mapa III.xi Distribución empresa por producto: Plantas llave en mano

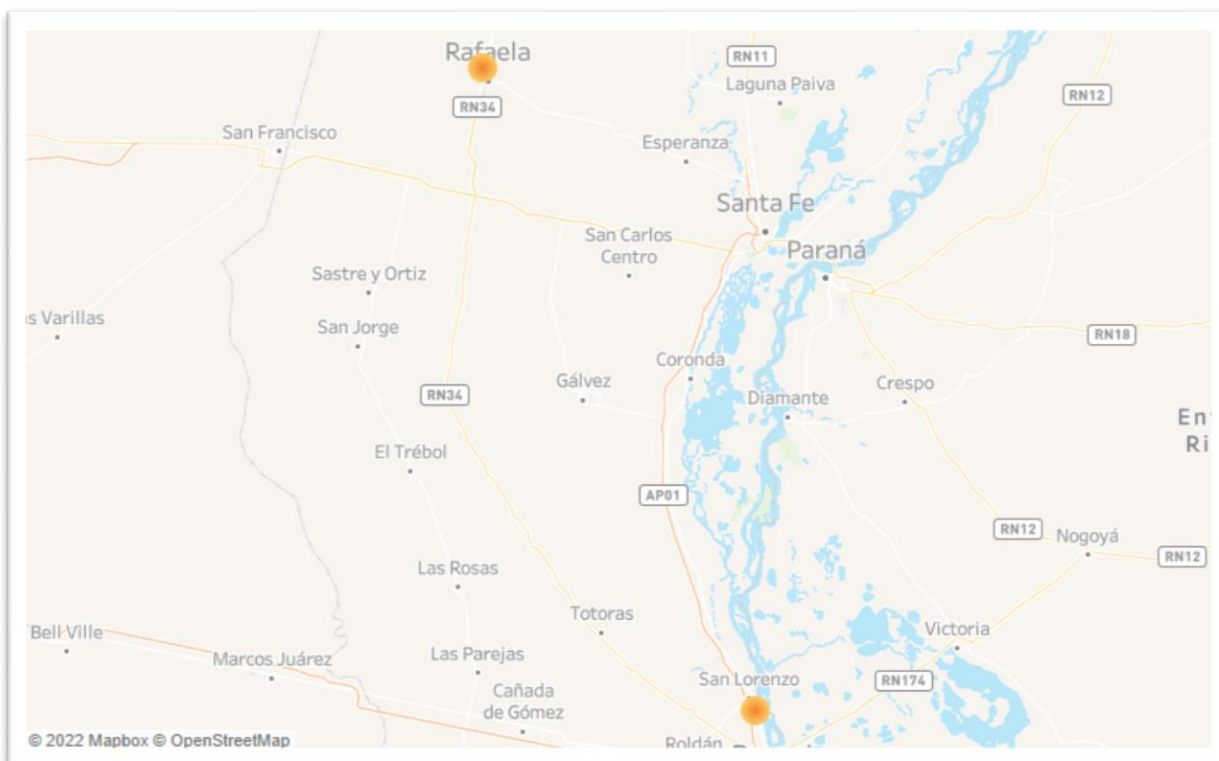
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.xiii: Distribución empresa por producto : Plantas llave en mano

Ciudad	Empresa	Producto
Monte Vera	ASEMA S.A.	Equipos de procesos de industria alimenticia: láctea, bebidas y jugos; Carnes. Biorrefinerías
Rafaela	DESARROLLO DE EQUIPOS INDUSTRIALES S.A.	Plantas para clasificación y tratamiento de residuos; chipeadoras; plantas de fertilizantes sólidos
Rafaela	GIULLIANI HERMANOS S.A.	Plantas de alimentos balanceados
Rosario	INDUSTRIAS JUAN F SECCO S.A.	Equipos petroleros de superficie / Plantas compresoras de Gas / Generación eléctrica distribuida
Santa Fe	ESPAQFE INGENIERIA SRL	Plantas llave en mano leche en Polvo / Evaporadores, secadores

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iii.ix Servicios



Mapa III.xii Distribución empresa por producto: Servicios

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

Tabla III.xiv: Distribución empresa por producto :Servicios

Rafaela	DESARROLLO DE EQUIPOS INDUSTRIALES S.A.	Plantas para clasificación y tratamiento de residuos; chipeadoras; plantas de fertilizantes sólidos
San Lorenzo	PEITEL S.A.	Montajes industriales, equipos con estampa ASME, plantas biomasa

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

III.iv El sector de bienes de capital como vector de captura de valor local

La fabricación de bienes de capital como sector estratégico puede resumirse en los siguientes aspectos fundamentales:

- Implican múltiples encadenamientos productivos aguas arriba y aguas abajo.
- Se encuentran entre los sectores que mayor poder de “derrame” e impulso generan sobre la economía en general y el crecimiento industrial en particular.
- Contribuyen a generar niveles altos de valor agregado y cumplen un rol primordial en los procesos de inversión y acumulación de stock de capital.
- Emplean volúmenes considerables de mano de obra altamente calificada y ofrecen un nivel de remuneraciones clave para el sostenimiento del poder adquisitivo y de demanda del mercado interno, completando un “círculo virtuoso”.
- Inciden significativamente en las cuentas nacionales, sobre todo en la superación de restricciones externas en el marco de procesos de industrialización, de sustitución de importaciones y mejora de la inserción externa y ahorro de divisas.
- Sostienen una doble relación con la tecnología: los entramados productores de bienes de capital revisten condiciones de usinas de conocimiento y aprendizaje, a la vez que son propagadores del progreso técnico e incrementos de la productividad.
- Constituyen unos de los mecanismos centrales de acumulación de capacidades tecnológicas de un país, permitiendo como tal el avance hacia nuevos campos de dominio industrial, y el desarrollo y avance de sectores noveles a partir de la translación a las nuevas cadenas de valor de las capacidades adquiridas.

Por lo tanto, existe una gran diferencia entre fabricar un bien de capital fronteras adentro e importarlo. Tal como se ha visto en la revisión respecto de los modelos de innovación, en el proceso de difusión tecnológica hacia el sector productivo, el sector de bienes de capital juega un rol central al permitir la difusión e incorporación del progreso tecnológico en la producción de bienes, desarrollando de tal modo innovaciones que redundan en mayor desarrollo de productividad y de oferta de bienes.

Si se cuenta con sector de bienes de capital en el país, el cual se vincula con el complejo científico tecnológico nacional, se cuenta con una ventaja competitiva nacional y/o territorial, en el sentido de que las innovaciones irán directo a las cadenas productivas vinculadas al sector de bienes de capital, y por tanto se podrá tomar ventaja respecto de otros competidores que no cuentan con oferta endógena.

En el caso de tener que importar tecnología incorporada en bienes de capital y el know how asociado a los mismos, la situación resultante es de desventaja, y en cierta medida, de reproducción del propio atraso tecnológico, pues siempre se estará importando equipos que han usufructuado antes los usuarios de los países de origen de los equipos.

En términos generales, cuando se analiza el proceso económico del país se considera una noticia alentadora, un incremento de la importación de bienes de capital, situación que puede representar en buena medida, un proceso subyacente de pérdida competitiva y/o desindustrialización. Así, la excesiva incorporación de máquinas y equipos mediante importaciones genera un esquema de dependencia de la estructura productiva a la transferencia tecnológica desde los países exportadores que suele terminar en la especialización del país receptor en la producción de productos primarios.

De este modo, se define un perfil de inserción internacional con escaso valor agregado para el de país importador, con bajos niveles de ingresos y de calificación de mano de obra. A su vez, se generan condicionamientos a la capacidad de crecimiento que afectan sus niveles de producción, infraestructura e inversión. Este círculo termina afectando a largo plazo la trayectoria de expansión económica.

A partir de la evidencia empírica se puede apreciar que los países de ingresos altos y con mejores indicadores socioeconómicos suelen contar con una estructura productiva de fuerte arraigo en las actividades del sector de bienes de capital, que se destacan por proporcionar una gran parte del valor agregado, y constituyen el fundamento del proceso de cambio tecnológico y desarrollo de nuevos negocios de dichos países.

Además, la importancia de la industria de bienes de capital también se pone de manifiesto al momento de analizar la inserción internacional de estos países. La participación de las exportaciones de dicho sector sobre el producto bruto interno (PBI) total tiende a superar el 30%, mientras que la participación de las importaciones de bienes de capital varía entre el 3% y 15%. En efecto, la mayoría de estos países presentan un fuerte superávit en la balanza comercial sectorial.

III.v Capacidades tecnológicas para el desarrollo del sector de biorrefinerías

Las biorrefinerías convierten la biomasa en productos químicos, de manera similar a lo que realiza una refinería tradicional a partir del petróleo y gas. En efecto, las biorrefinerías pueden aprovechar la madurez de estos campos y optimizar sus productos y procesos desde el principio para satisfacer diferentes necesidades.

Actualmente se dispone de varias tecnologías para la producción de muchos productos químicos a base de biomasa.

Desde una mirada general, la futura industria química basada en biomasa puede imitar la estructura de la industria petroquímica. Esto implica que la cadena de producción que va desde la biomasa hasta el desarrollo de bioproductos debería incorporar una instancia destinada a fraccionar la materia prima en sus distintos componentes (proteínas, carbohidratos, lípidos, etc.), y otra sección de mejora dedicada a convertir, a través de una secuencia de procesos (fragmentación, conversión química), estos componentes en una serie de productos químicos comercializables. Este es el camino sugerido que se presenta luego en los diagramas de flujo del Capítulo V en relación con la cadena de valor del sector petroquímico y una cadena de valor análoga basada en la biomasa (Ashraf *et. al.*, 2019).

Para el diseño de una biorrefinería se debe seleccionar (1) la materia prima a base de biomasa, (2) el producto o conjunto de productos que se producirán, (3) la tecnología más adecuada para la conversión de la materia prima en bioproductos, y (4) las condiciones operativas de las unidades de tratamiento incluidas en las plataformas tecnológicas elegidas.

De este modo, puede haber múltiples opciones tanto para las materias primas como para los productos, y la conexión entre ellos puede llevarse a cabo apelando a distintas plataformas tecnológicas. Aquí el factor clave gravita en torno a la posibilidad de seleccionar el mejor conjunto de productos a base de biomasa que sea el más adecuado para las condiciones del mercado de una región y/o país específico (Ashraf *et. al.*, 2019).

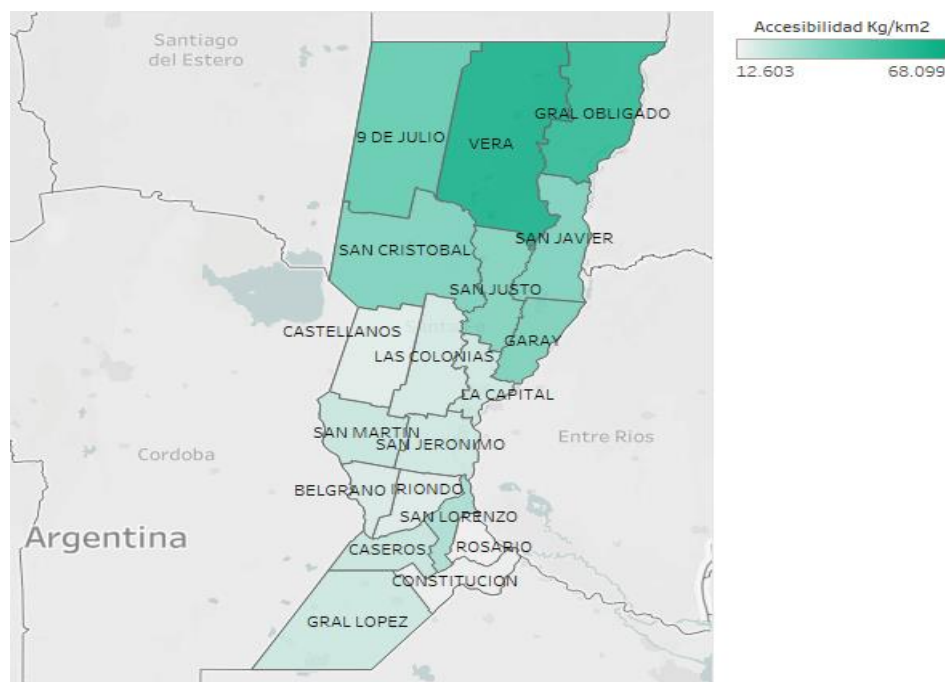
IV. ALGUNOS RECURSOS POTENCIALES PARA LA BIOECONOMÍA EN SANTA FE Y DRIVERS DE SU EVOLUCIÓN

En el capítulo que sigue se realiza un breve recorrido por algunos recursos biomásicos de la provincia, de modo poner de relieve el potencial de la provincia de cara al desarrollo de la bioeconomía y la base de insumos para potenciales biorrefinerías. Por otro lado, se analiza también de forma sucinta, cuáles son los principales fundamentos que explican la emergencia y despegue de la bioeconomía como campo de vital relevancia en la economía mundial.

IV.i Recursos biomásicos

IV.i.i Biomasa

En el Mapa IV.i y la Tabla IV.i se observa que la oferta de biomasa se concentra en la zona norte de la provincia, especialmente en los departamentos de Vera, Gral. Obligado, 9 de Julio, San Cristóbal, San Javier y Garay.



Mapa IV.i. Oferta de biomasa (kg/km²) por departamento, provincia de Santa Fe.

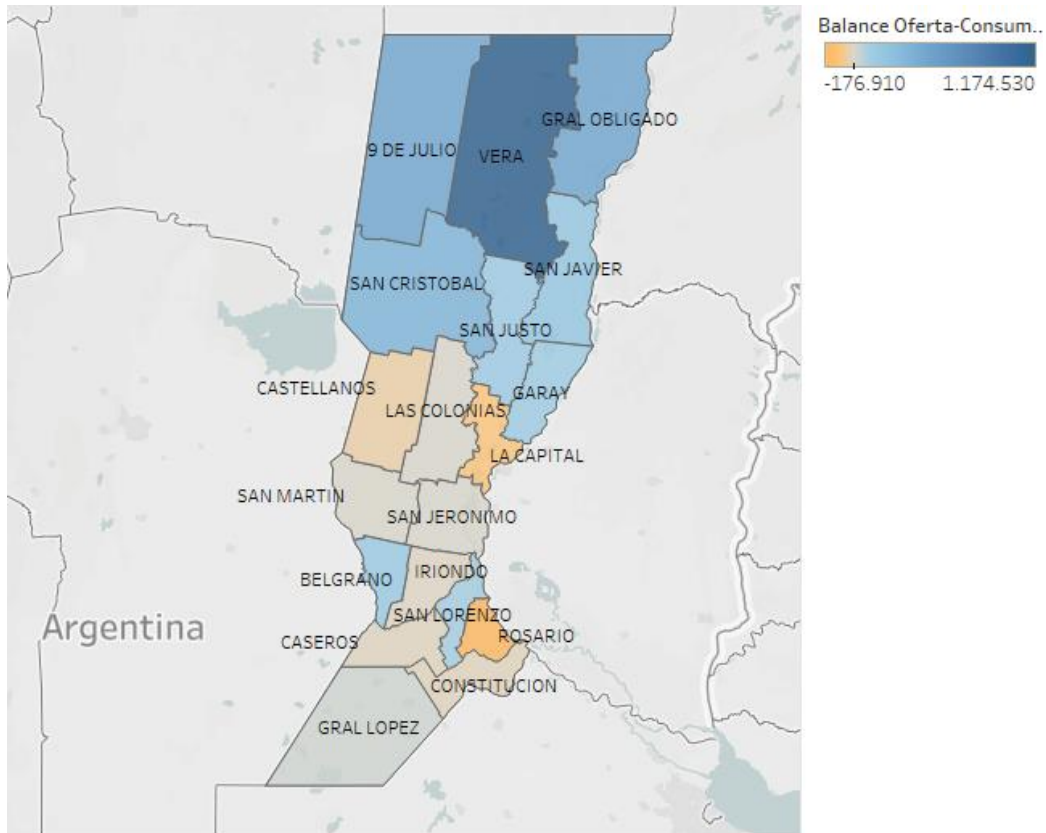
Fuente: elaboración propia según datos de SIG Secretaría de Energía.

Tabla IV.i. Oferta anual de biomasa por departamento, provincia de Santa Fe.

Departamento	Cantidad accesible (kg)	Área (km²)	Accesibilidad (kg/km²)
VERA	1.436.610.000	21.096	68.099
9 DE JULIO	773.809.000	16.870	45.869
GRAL OBLIGADO	658.559.000	10.928	60.263
SAN CRISTÓBAL	576.061.000	14.850	38.792
SAN JAVIER	269.791.000	6.929	38.936
GRAL LOPEZ	230.629.000	11.558	19.954
SAN JUSTO	210.926.000	5.575	37.834
GARAY	154.533.000	3.964	38.984
LAS COLONIAS	115.066.000	6.439	17.870
CASTELLANOS	102.248.000	6.600	15.492
SAN MARTIN	101.097.000	4.860	20.802
SAN JERÓNIMO	83.109.300	4.282	19.409
CASEROS	72.229.700	3.449	20.942
LA CAPITAL	59.355.700	3.055	19.429
IRIONDO	51.307.500	3.184	16.114
SAN LORENZO	50.217.500	1.867	26.897
CONSTITUCIÓN	42.896.600	3.225	13.301
BELGRANO	40.751.300	2.386	17.079
ROSARIO	23.820.200	1.890	12.603

Fuente: elaboración propia según datos de SIG Secretaría de Energía.

Precisamente en estos departamentos del norte (Vera, General Obligado, 9 de Julio, San Cristóbal, San Justo, San Javier y Garay), el balance resultante de la resta entre el consumo y la oferta departamental de biomasa es altamente favorable, tal como se observa en el Mapa IV.ii y la Tabla IV.iii.



Mapa IV.ii. Balance de oferta-consumo de biomasa (tn) por departamento, provincia de Santa Fe.

Fuente: elaboración propia según datos de SIG Secretaría de Energía.

Tabla IV.ii. Balance de oferta-consumo de biomasa (tn) por departamento, provincia de Santa Fe.

Departamento	Balance Oferta-Consumo (tn año)
VERA	1.174.530
9 DE JULIO	465.807
GRAL OBLIGADO	461.330
SAN CRISTÓBAL	347.113
SAN JAVIER	178.694
BELGRANO	146.187

SAN JUSTO	126.493
GARAY	113.825
SAN LORENZO	97.463
GRAL LOPEZ	21.664
LAS COLONIAS	2.258
SAN MARTIN	2.034
SAN JERÓNIMO	1.354
IRIONDO	-6.582
CASEROS	-13.120
CONSTITUCION	-17.730
CASTELLANOS	-42.412
LA CAPITAL	-94.583
ROSARIO	-176.910

Fuente: elaboración propia según datos de SIG Secretaría de Energía.

IV.i.ii Cuencas de biogas

Tal como se ha señalado la provincia posee un importante desarrollo pecuario que se expresa, entre otras producciones, en tambos, establecimientos de ganadería porcina y bobina. Dichas actividades intensivas resultan en grandes producciones de excretas que, por un lado, constituyen un gran desafío ambiental para su gestión y respecto de la huella de G.E.I. que producen, pero por el otro, una gran fuente de biomasa de alto potencial de aprovechamiento.

Como todo enfoque bioeconómico, la base de la sostenibilidad de los mismos está en el aprovechamiento en cascada, lo cual plantea grandes desafíos, pero como sucede en general con la biomasa, existen posibilidades de aprovechamiento energético que pueden ser el primer paso, aunque no el de mayor valor económico. Teniendo esto en mente, se aprecian en las figuras siguientes (Fig. IV.i, IV.ii y IV.iii) diferentes cuencas de biogás procedentes de las citadas actividades pecuarias, las cuales tienen el potencial de ser un primer eslabón en el proceso, de modo de avanzar en el desarrollo de las economías de escala que habiliten otras actividades.

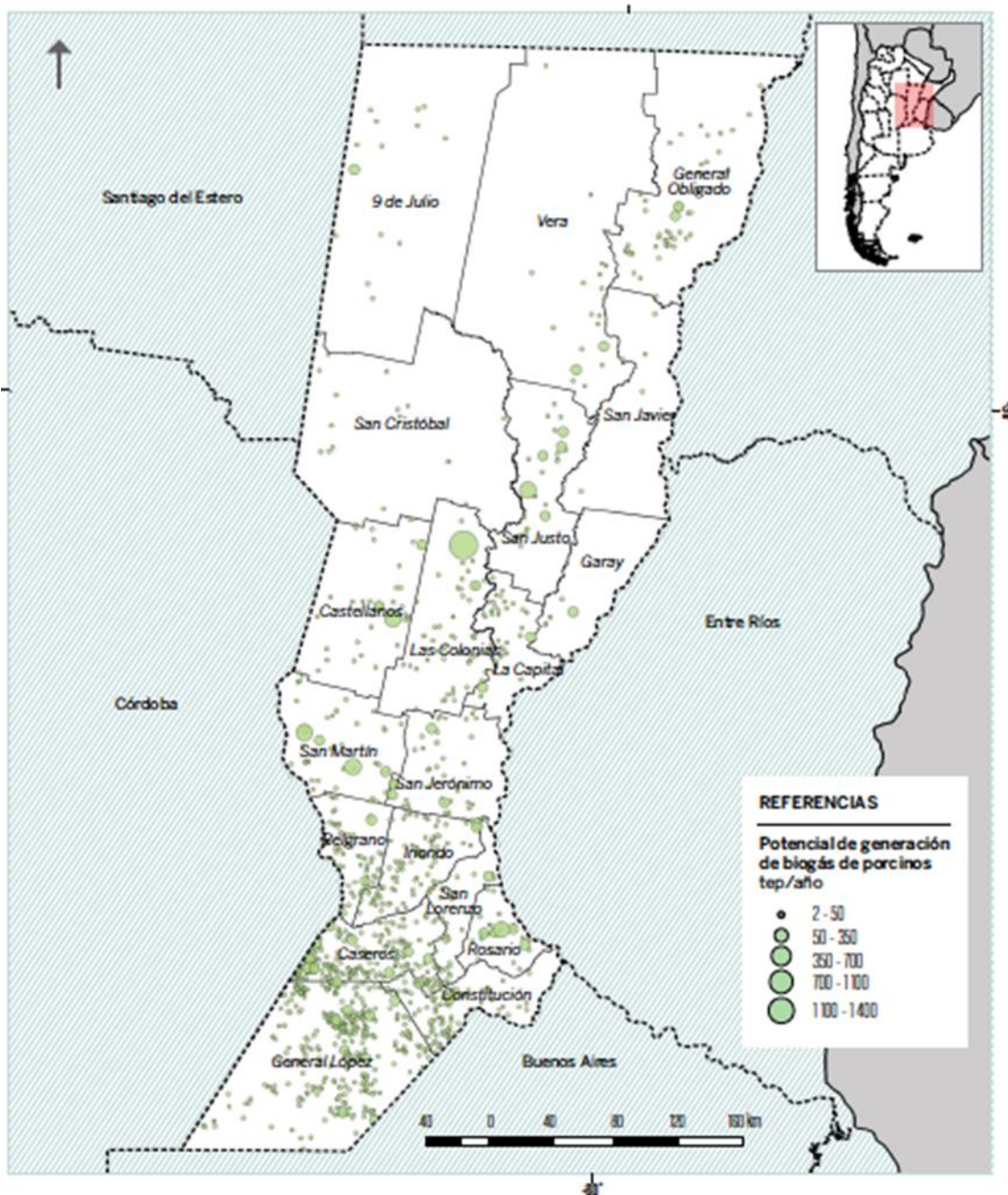


Figura IV.i Cuenca de biogás potencial producto de producción porcina.

Fuente: FAO 2019

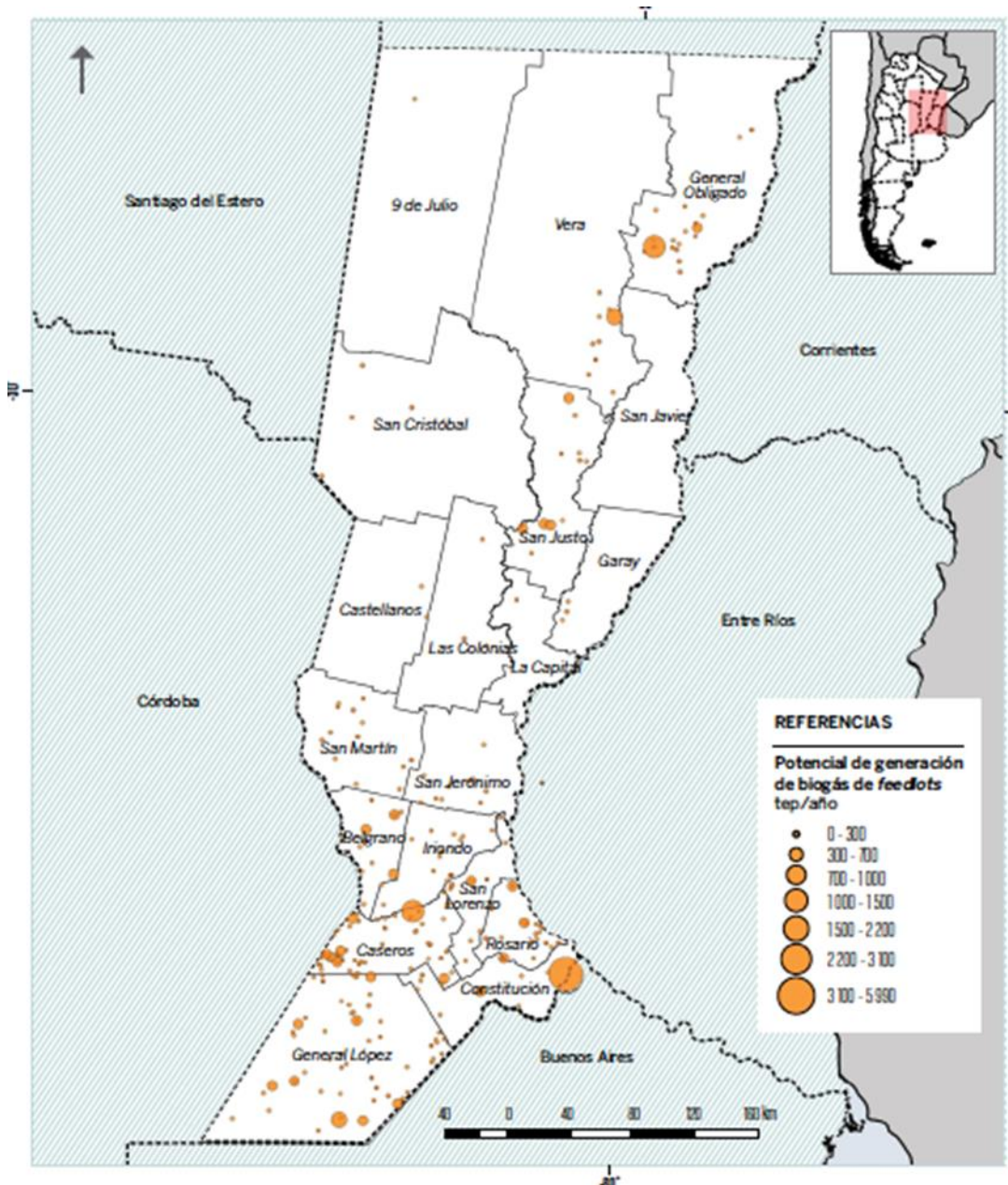


Figura IV.ii Cuenca de biogás potencial producto de producción bovina en

Fuente: FAO 2019

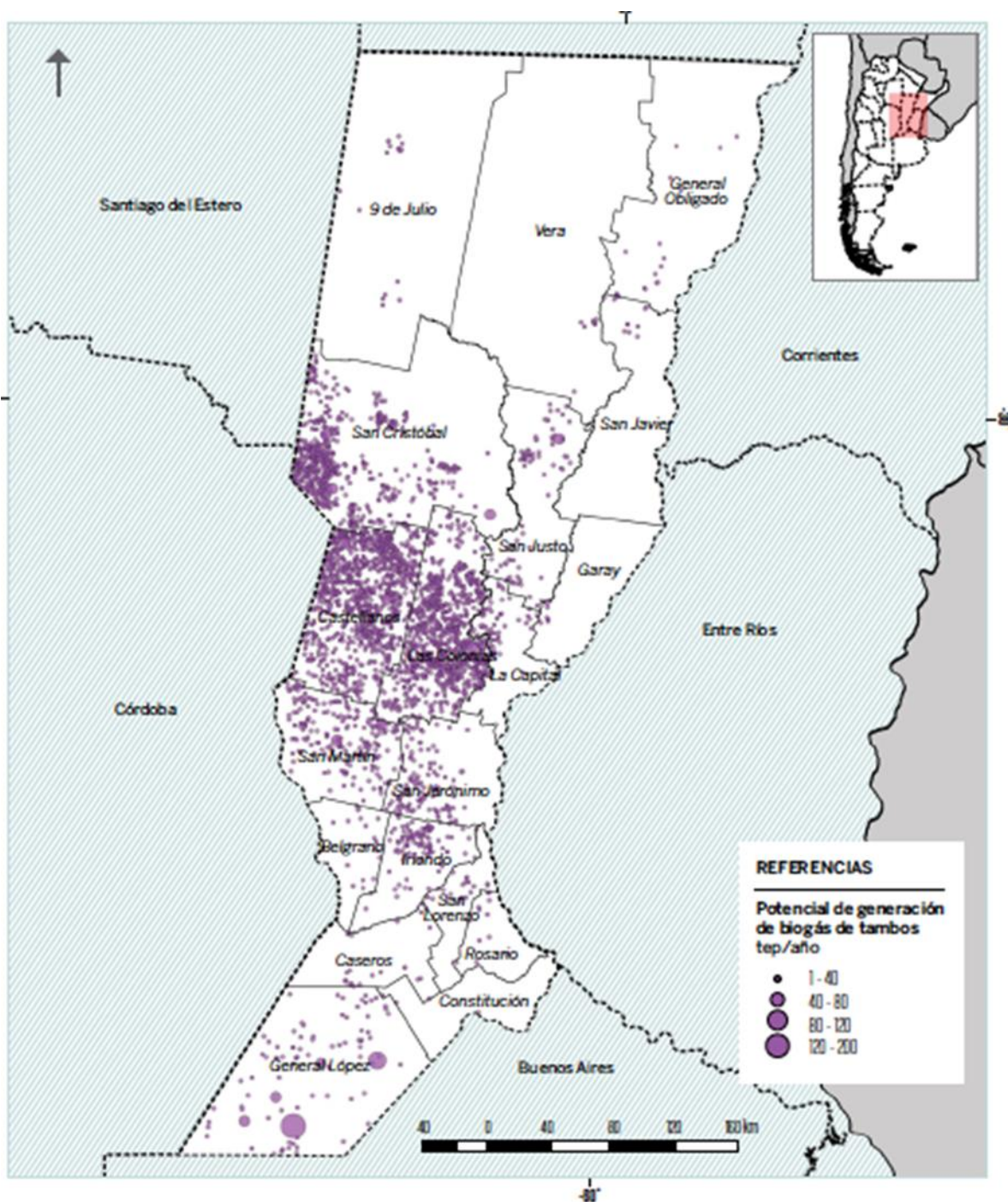


Figura IV.iii Cuenca de biogás potencial producto de tambos.

Fuente: FAO 2019

IV.iii Drivers de la evolución de la bioeconomía

La bioeconomía presenta elementos que se encuentran ligados a su evolución futura, estos elementos se denominan drivers o impulsores.

En general se distinguen dos tipos de drivers: aquellos que se consideran determinantes, pero de baja incertidumbre o alto nivel de certeza (variables predeterminadas, certezas estructurales) y aquellos que se consideran determinantes y altamente inciertos, que se denominan fuerzas impulsoras. Cabe aclarar que las fuerzas impulsoras (FI) son los principales factores dinamizadores de los diferentes escenarios futuros. Las mismas representan tendencias o procesos clave que influyen la situación, el tema focal, o las decisiones, y que impulsan al sistema.

Las FI pueden ser variables, formaciones estructurales, procesos, acciones, actores o fenómenos puntuales. Y se consideran bajo esta denominación tanto procesos que dinamizan o motorizan procesos como aspectos que producen decrecimiento, estancamiento o regresión.

En los documentos de distintas instituciones referentes de la temática (IICA, CEPAL, FAO) podemos reconocer procesos que forman parte de la mayoría de los análisis. En términos generales, los Acuerdos internacionales, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los avances de la CTI, el agotamiento de los recursos naturales no renovables, y las tendencias globales de reemplazo de combustibles fósiles, y la demanda por formas de producción y consumos sustentables convocan a pensar en Bioeconomía y son elementos que coadyuban a su instalación en la agenda.

El documento de trabajo sobre la *Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles*, elaborado por el Consorcio Interinstitucional conformado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) recoge una serie de procesos, en términos de megatendencias y fuerzas impulsoras, ligados al futuro del desarrollo de la Bioeconomía que bien pueden ser extrapolados a otras regiones y a la totalidad del país.

Las megatendencias son procesos de escala global, cuya formación y emergencia son producto de una larga evolución y que, una vez instaurados en el

sistema, son difíciles de revertir y generan cambios significativos en todos los órdenes.

Entre ellas, podemos señalar:

Revolución industrial 4.0

La Cuarta Revolución Industrial se define como la transición hacia nuevos sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital en curso. Los rasgos distintivos de esta cuarta revolución industrial son la velocidad a la cual ocurren los cambios y el proceso de convergencia entre los mundos físico, digital, biológico y cognitivo con núcleo en innovaciones digitales a través de tecnologías tales como big data, internet de las cosas, realidad aumentada, robótica, sensores, impresión 3-D, inteligencia artificial, aprendizaje por máquinas, sistemas de posicionamiento global, automatismo, plataformas de gestión de datos, vehículos autónomos para tareas agrícolas y sus potenciales combinaciones entre sí y con otras nuevas tecnologías.

Diversificación de la matriz energética global

Refleja el proceso de transición de las economías hacia matrices energéticas menos dependientes de los combustibles fósiles, que incluye la expansión de las fuentes renovables de energía (solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa). Si bien existen asimetrías en este proceso, temporales y entre los países, se está llevando a una progresiva diversificación de la matriz energética mundial, empujada por el crecimiento de las fuentes renovables, proceso que se espera continúe y se intensifique en las próximas décadas.

Mudanza de riqueza y capacidades tecnológicas a países emergentes

Representa la continuación del proceso de cambio gradual en el centro de gravedad de la economía mundial desde las economías del G-7 hacia las economías emergentes, fundamentalmente las emergentes de Asia. Este proceso fue acompañado en los últimos años de un fuerte crecimiento en la I+D pública y privada de Asia, con fuerte protagonismo de China, con potencial de disputar el liderazgo tecnológico mundial de las economías euro-americanas.

Nuevos hábitos y preferencias de los consumidores

Las decisiones relativas al consumo de alimentos se están volviendo cada vez más complejas y sofisticadas. Si bien el precio, la seguridad en el consumo y el gusto siguen siendo factores fundamentales, temas tales como la transparencia y la equidad en la distribución de los beneficios al interior de las cadenas, el impacto ambiental de la producción, el bienestar animal, el origen del producto, la medida

en que el alimento consumido es natural, nutritivo y saludable, entre otros, están ganando cada vez mayor peso en la toma de decisiones referidas al consumo de alimentos.

Por otro lado, las exigencias para la certificación de productos que cumplan con determinados estándares de sostenibilidad ambiental o porcentaje del producto que proviene de recursos renovables, puede acelerar la concentración de la producción, en la medida que solo los productores con gestión profesional de la actividad y orientación al mercado externo podrán cumplir con dichos requerimientos. En el caso de las cadenas de valor asociadas a la nueva generación de productos biobasados, la certificación será un activo clave para el acceso a mercados.

Exigencias crecientes de acceso a mercados

El acceso a los mercados internacionales de alimentos y productos biobasados es cada vez más complejo por las políticas internas de países que protegen su sector primario, así como por las nuevas demandas de la sociedad en términos de sustentabilidad económica, social y cultural.

Asimismo, las normas públicas que exigen cumplir estándares de sustentabilidad ambiental son cada vez más populares.

Cambio climático

Existe una creciente evidencia que el cambio climático, incluyendo el incremento en la frecuencia y la intensidad de eventos extremos, está impactando negativamente en la seguridad alimentaria y en los ecosistemas terrestres, así como contribuye a los procesos de desertificación y degradación de tierras en muchas regiones del mundo, tal lo demuestra el último informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) o las exposiciones de la COP 27 realizada en Egipto recientemente.

Intensificación sostenible de la producción

La expansión de la frontera agropecuaria y la intensificación en el uso de los insumos van a estar restringidas por el peso relativo creciente que está adquiriendo la agenda ambiental en el sector, llevando a los países líderes agroalimentarios a seguir promoviendo el crecimiento de la productividad como factor clave para el aumento de la producción, minimizando los impactos sobre el ambiente.

Creciente importancia de los intangibles en el agregado de valor y generación de riqueza

El más relevante componente de la nueva economía es el capital intangible, el cual comprende tres categorías: información computarizada (tales como software y base de datos), propiedad innovativa (inversiones en I+D+i, de carácter científico

y no científico, secretos industriales, marcas registradas) y competencias de la nueva economía (capital humano específico a la tarea, redes, saber-hacer organizacional, entre otros). El peso del capital intangible en las economías se espera que crezca fuertemente en los próximos años.

Fuerzas Impulsoras

Las fuerzas impulsoras, como se mencionó anteriormente, son aquellas variables o procesos que co-determinan la evolución futura de la bioeconomía. Las fuerzas impulsoras pueden ser de alta incertidumbre (incertidumbres críticas, claves en la construcción de alternativas plausibles) o de baja incertidumbre (variables predeterminadas, que están presentes en la mayoría de los escenarios futuros). En la Tabla IV.iii se detallan algunas de las principales relevadas.

Tabla IV.iii Fuerzas impulsoras

Dinámica de la economía global	<p>El sector bioeconómico argentino se encuentra integrado al mercado internacional y sus dinámicas.</p> <p>Por un lado, se destaca el efecto “ingreso real” que impacta en la demanda de alimentos con atributos diferenciados y productos biobasados, los efectos que se generan a través de las inversiones en países emergentes y el estímulo para el desarrollo de nuevas tecnologías en el área de la bioeconomía. Por el otro, las perspectivas de la economía global, aun no recuperada de los efectos de la crisis financiera de 2008-2009, se encuentra en un contexto de incertidumbre post pandemia y guerra de Ucrania Rusia</p>
Acuerdos comerciales	<p>Los Tratados de Libre Comercio, la evolución del MERCOSUR, la relación EE UU-China en un nuevo orden bipolar generan incertidumbre respecto a la evolución de esta fuerza impulsora para la región en general y para el país en particular, sumado a las medidas proteccionistas implementadas por algunos países a raíz del COVID 19.</p>

Contexto macroeconómico nacional y regional	La economía argentina viene sufriendo un proceso de deterioro agravado por la combinación explosiva de recesión e inflación observada en los últimos años y en la restricción presupuestaria derivada del pago de la deuda.
Infraestructura para el desarrollo	Una de las limitantes consideradas de mayor relevancia son los déficits históricos de infraestructura, que inhiben el potencial productivo y exportador (tanto internacional como regional), en un país heterogéneo, donde coexisten zonas de mucho dinamismo, con otras de carencias estructurales. Estos déficits incluyen tanto la infraestructura básica (redes de energía, gas y cloacas), la de transporte (rutas nacionales, aeropuertos, ferrocarriles, puertos) y para la conectividad virtual
Política Nacional agroindustrial	Históricamente, el desarrollo argentino estuvo marcado por la controversia entre el campo y la industria. Alternativamente, se piensa en un modelo industrialista liderado por los actores de mayor peso actual, en un modelo agroexportador con alta incorporación de tecnología en el sector primario y en un modelo bioindustrial donde la explotación sustentable de los recursos biológicos se convierte en un vector estratégico del desarrollo nacional y regional.
Legislación y/o estrategia nacional para la promoción de la bioeconomía	La experiencia histórica de los países que hoy lideran la bioeconomía a nivel mundial muestra que la existencia de un marco legal nacional de apoyo y promoción a la bioeconomía (en estrategias, planes, programas; que sean abarcativos en la totalidad o en parte, por ej: biotecnología, bioenergía) y sostenidos en el tiempo, son esenciales para el desarrollo y consolidación de la bioeconomía de un país. Al año 2018 se habían contabilizado 49 países con estrategias nacionales de bioeconomía, según el Consejo de Bioeconomía de Alemania.
Estándares de certificación biobasados	En la actualidad existen un conjunto de esquemas de certificación nacional e internacional, tanto obligatorios como voluntarios, relacionados a la sustentabilidad

	ambiental y social de los procesos de producción de la bioeconomía y se espera que dichos esquemas se consoliden y/o sean cada vez más demandantes.
Sistemas de innovación	Argentina posee niveles muy bajos de inversión pública en ciencia y tecnología como porcentaje del PBI en comparación con los países líderes agroalimentarios y competidores de Argentina en el mercado internacional. Otros rasgos estructurales del sistema de innovación argentino son las bajas tasas de innovación del sector privado, la escasa conexión entre el conocimiento científico y el desarrollo productivo y socioeconómico y la baja densidad del desarrollo tecnológico en relación con el desarrollo científico. La disponibilidad de capital intangible y la apuesta por el conocimiento y la innovación marca una enorme brecha entre los países más y menos desarrollados que, en general, ponen foco en la explotación de sus recursos naturales.

Fuente: elaboración propia con base en INTA-INTI-UNSa-UNNE-UNSE

Otros dos elementos que se señalan en este estudio en relación a la evolución del desarrollo de la bioeconomía, refieren a los procesos de ordenamiento territorial, cuya implementación a nivel nacional se encuentra fragmentada en 24 jurisdicciones, a partir de la soberanía compartida que supone el federalismo, en cuanto al dominio originario de los recursos naturales, que les corresponden a las provincias, a partir de la reforma constitucional de 1994.

Por otro lado, las lógicas históricas predominantes que dan cuenta de la estructura heterogénea que debilitan el desarrollo, a saber: 1) la presencia atomizada de pequeños productores, 2) el lugar periférico de los complejos productivos dentro del mercado exportador argentino, 3) la inestabilidad del mercado internacional por las fluctuaciones de la demanda, 4) las dificultades para avanzar en amplias reconversiones productivas (por aptitud ecológica de los suelos o dinámicas sociotécnicas y culturales), y 5) la presencia de empresas de gran tamaño y poder de negociación en las etapas de procesamiento y comercialización finales, quienes se apropian de la mayor proporción de los excedente

CAPÍTULO V LAS BIORREFINERÍAS EN LA TRANSICIÓN DE LA PETROQUÍMICA A LA QUÍMICA VERDE

El presente capítulo revisará a las biorrefinerías en cuanto tecnología emergente y los fundamentos de naturaleza química en los cuales las mismas se asientan. Poniendo en perspectiva al presente capítulo respecto de lo discutido sobre transición energética y bioeconomía, es posible contar con una buena aproximación del potencial implícito en el desarrollo de las biorrefinerías, a la vez que contar con un panorama de algunas de las alternativas en danza.

Una visión más profunda de cada una de las posibles rutas o implicancias y potenciales de cada bloque de construcción bioquímico, requiere trabajos en sí mismo, no obstante lo cual se espera brindar un recorrido lo suficientemente amplio como para contar con una intuición al menos de lo que está en juego en el dominio de estas tecnologías y su cadena de valor.

V.i Antecedentes

En las últimas décadas los procesos biológicos han ido ganando espacio en el terreno del tratamiento y valorización de residuos en un amplio espectro de industrias y aplicaciones, que va desde la remediación a la producción industrial. Con la expansión de la comprensión de procesos microbiológicos, se han expandido de manera notable las posibilidades y aplicaciones.

Ello eventualmente ha conducido al desarrollo de las biorrefinerías industriales -apoyadas por otros procesos químicos y físicos-, cristalización de dichos avances en la producción de combustibles y productos químicos de base biológica. Hasta la fecha, se ha estudiado una gran variedad de desechos industriales que pueden explotarse para la producción de energía, productos químicos verdes y compuestos materiales con fines de biorrefinación.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el concepto de biorrefinería tiende al objetivo de alcanzar una producción de residuos cero y una economía circular, utilizando los productos residuales como materia prima. Esencial para este concepto de biorrefinería es la disponibilidad constante de recursos de biomasa.

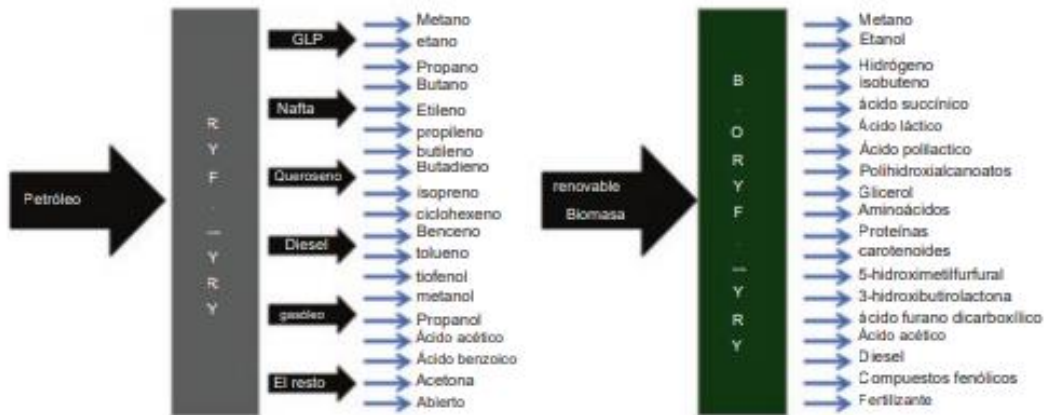


Figura V.i Resumen de productos y compuestos químicos que se pueden obtener en una refinería tradicional a base de petróleo y en una biorrefinería

Fuente: Elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico

Actualmente, muchos laboratorios y empresas industriales están mejorando y aplicando el concepto de biorrefinería que puede sustituir materiales derivados del petróleo. Algunos de estos estudios están fusionando este concepto de biorrefinería con el tratamiento de residuos para la producción de compuestos químicos.

El concepto de biorrefinería es análogo al concepto tradicional de refinería de petróleo (Fig. V.i, con el fraccionamiento de la biomasa en una variedad de productos, como bloques de construcción bioquímicos, biomateriales o biocombustibles. El término “biorrefinería” o “biorrefinería verde” se usa ampliamente. A veces es difícil trazar una línea entre las industrias que utilizan un bioproceso y una planta de biorrefinería por sí sola.

V.ii Las biorrefinerías

Una biorrefinería combina diferentes procesos de conversión y tecnologías de fabricación, como en la Fig. V.ii para realizar de manera equilibrada la transformación de biomasa renovable en un espectro de productos intermedios y finales (combustibles, materiales u otros) que permiten sustituir los productos derivados del petróleo. .

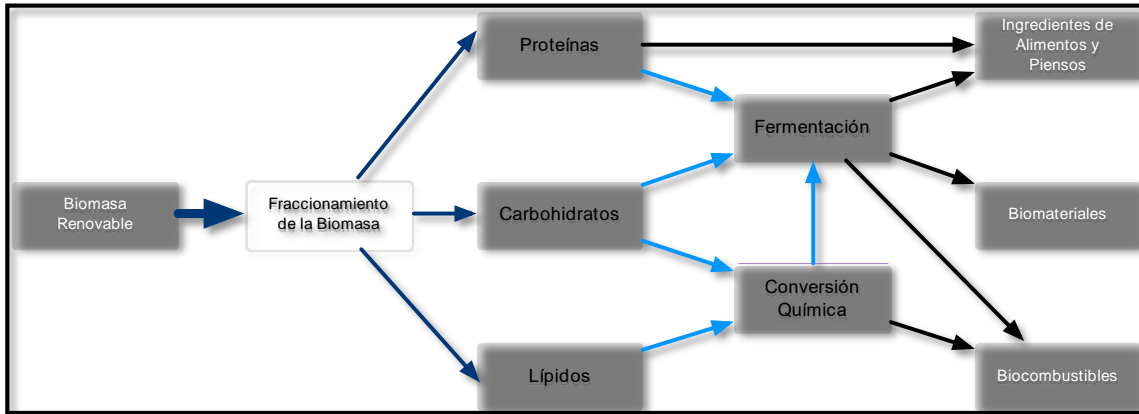


Figura V.ii. Tratamientos químicos, físicos y/o biológicos antes y después del uso de fermentación de biomasa para la producción de componentes con valor agregado.

Fuente: Elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico

V.ii.i Clasificación de las biorrefinerías

Uno de los criterios para la clasificación de las biorrefinerías es según el origen de la materia prima utilizada como bioinsumo. Por ello se pueden utilizar tres categorías diferentes dependiendo de si la materia prima utilizada proviene de un cultivo, de un desecho o de microalgas, correspondiendo a la primera, segunda y tercera generación de biorrefinerías respectivamente.

Biorrefinerías de primera generación

La primera generación de biorrefinerías utiliza cultivos como materia prima, tales como el maíz, la remolacha azucarera o la caña de azúcar, de allí la crítica habitual que se hace que compitan con usos alimentarios de dichas materias primas y en el uso de tierras. Las ventajas de las biorrefinerías de primera generación radican en la fácil fermentación de la materia prima cruda con un menor pretratamiento requerido en comparación con las otras generaciones, por ejemplo, para la producción de etanol, ácido succínico o polihidroxialcanoatos.

Esta materia prima puede, por otro lado, provenir de un excedente de la producción actual a través de técnicas agrícolas mayores y más sofisticadas, que conducen a un mayor rendimiento de producción. Una forma sostenible para esta biorrefinería de primera generación sería mediante la explotación de tierras agrícolas no utilizadas, tierras que solían ser tierras de cultivo o tierras baldías y que no tienen impacto en el medio ambiente o en casos en que existen

aprovechamientos en cascada y complementarios, como el de la soja con el biodiesel, donde el principal insumo alimenticio es la harina de soja, un derivado de la producción de aceite de soja, utilizada como insumo para producir aquel.

Biorrefinerías de segunda generación

La materia prima para las biorrefinerías de segunda generación son los desechos residuales de las industrias o desechos agroindustriales y forestales. Esta materia prima puede variar desde materiales fácilmente biodegradables, como suero de leche o residuos de alimentos de panadería, hasta sustratos más complejos como materiales lignocelulósicos que requieren un paso de pretratamiento para descomponer los azúcares complejos en carbohidratos simples.

La principal ventaja de las biorrefinerías de segunda generación es la no competencia con alimentos o tierras de cultivo para la alimentación humana o animal, pero como contraparte, los productos resultantes suelen ser más caros de que los de las biorrefinerías de primera generación.

Biorrefinerías de tercera generación

La tercera generación de biorrefinerías se basa en la producción de microalgas o cianobacterias utilizando nutrientes, desechos, gas de síntesis y/o luz solar. La principal ventaja de las biorrefinerías de tercera generación es la no competencia con alimentos o tierras de cultivo.

Además, la misma cantidad de biomasa producida en esta generación, en comparación con la primera generación, se puede obtener más rápido, debido a los diferentes períodos de crecimiento de los cultivos y las microalgas. Adicionalmente, estas biorrefinerías de tercera generación pueden considerarse sumideros de carbono, lo cual las coloca dentro del paradigma de la economía de la reducción de emisiones de GEI.

La principal desventaja de las biorrefinerías de tercera generación es la compleja tecnología involucrada, algunas de las cuales aún están en desarrollo y requieren un conocimiento e investigación más profundos para lograr una producción económicamente comercial. Sin embargo, la producción de compuestos de alto valor podría superar cualquier inversión mayor requerida en esta generación, enfocada en sectores como la química fina, la cosmética o la medicina.

V.ii.ii Elementos estructurales

Otra alternativa es una clasificación que divide a las biorrefinerías en cuatro elementos estructurales: materias primas, procesos de conversión, plataformas y productos (Figura V.iii).

Las materias primas pueden ser biomasa agrícola, forestal, marina, entre otras. Los procesos de conversión incluyen el fraccionamiento y las técnicas de separación y purificación. Las plataformas son productos intermedios que sirven de nexo de unión entre las materias primas y los productos finales comercializables. Los productos incluyen bioproductos y biomateriales de alto valor agregado y *commodities*, además de energía y otros.

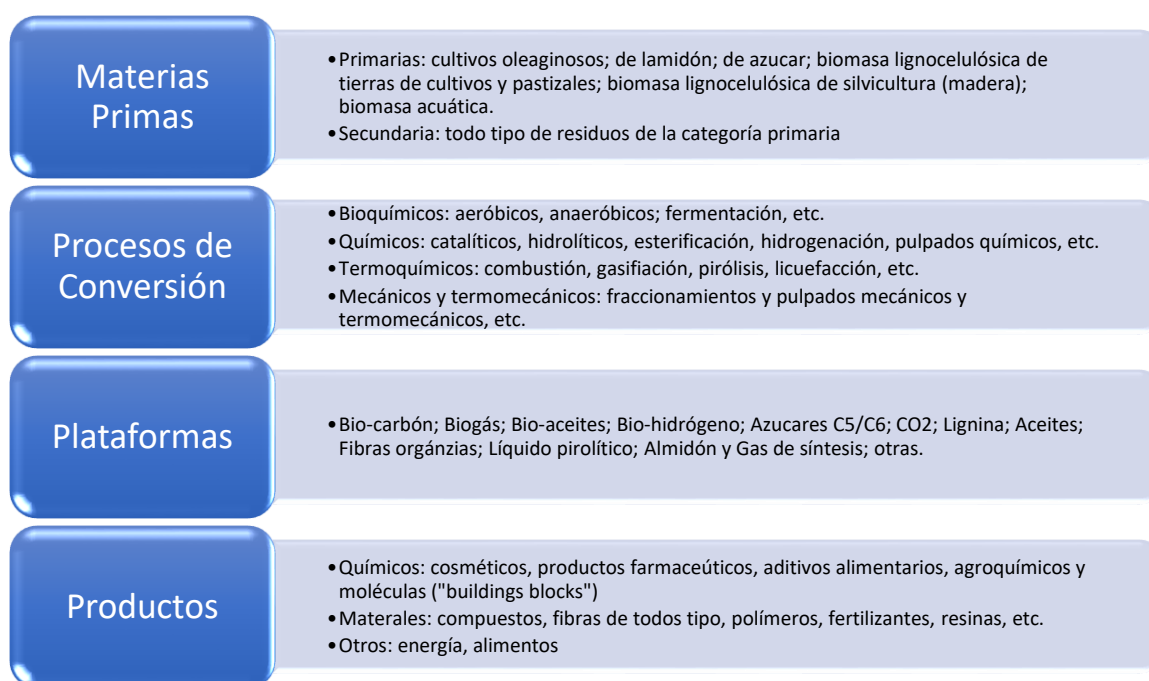


Figura V. iii Clasificación de biorrefinerías en función de elementos estructurales.

Fuente: elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico.

V.ii.iii Rutas de las biorrefinerías

Las rutas de biorrefinería son los atributos que mejor sintetizan sus cadenas de valor (Tabla V.i). En el cuadro de abajo se reseñan las vías que están disponibles comercialmente:

Tabla. V.i Rutas de biorrefinerías disponibles en escala comercial.

RUTA	MATERIAS PRIMAS	PROCESO DE CONVERSIÓN	PLATAFORMAS	PRODUCTOS
Biorrefinería de una plataforma (azúcares C6)	Cultivos de azúcares	Extracción, fermentación (conversiones químicas)	Azúcares C6	Productos químicos, polímeros, alimentos para animales, etanol (como bloque de construcción o combustibles), CO ₂ , energía y calor
Biorrefinería de una plataforma (almidón)	Cultivos de almidón	Extracción, fermentación (hidrólisis, conversiones químicas)	Almidón	Sustancias químicas, almidones modificados, polímeros, alimentos, alimentación animal, etanol (como bloque de construcción o combustible) y CO ₂
Biorrefinería de una plataforma (aceite) que utiliza cultivos oleaginosos, desechos y residuos	cultivos oleaginosos, grasas de desechos / residuos, aceite y grasa	Prensado, transesterificación (hidrólisis, conversiones químicas)	Aceite	Químicos (ácidos grasos, alcoholes grasos, glicerol) alimentos, alimentación animal, combustibles (biodiesel y diésel renovable)

Biorrefinería de dos plataformas (pulpa y licor gastado) a partir de madera	Madera (lignocelulosa) / Silvicultura	Procesamiento mecánico, pulpado, combustión (separación, extracción, gasificación)	Pulpa, licor gastado	Materiales (pulpa y papel, fibras especiales) productos químicos (aguarrás, aceite de resina, ácido acético, furfural, etanol, metanol, vainillina) lignina, energía y calor
--	---------------------------------------	--	----------------------	--

Fuente: elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico.

Actualmente existen numerosos casos de biorrefinerías en operación, sobre todo de primera generación, y otra gran cantidad de nuevas generaciones en estados de prueba y/o desarrollo. En lo que sigue se reseñarán algunos casos y sus características principales.

V.iii Casos industriales

En primera instancia se reseñará el etanol, que cuenta con un amplio recorrido, relacionado en parte con la amplia disponibilidad de materias primas de uso alimenticio que pueden utilizarse para su obtención.

V.iii.i bioetanol de primera a tercera generación

Tabla V.ii Biorrefinerías de etanol por tipo de generación.

Tipo de Planta	Nombre	País	Materia prima	Características
Primera Generación	CleanStar	Mozambique	Mandioca	Este proyecto fue impulsado para sustituir el uso de carbón vegetal por etanol para cocinar como combustible menos contaminante en algunas zonas de Maputo (Mozambique). Sin embargo, este enfoque tiene algunos inconvenientes

				relacionados con la ampliación del proceso con suministro discontinuo de etanol, el diseño y la calidad de las cocinas.
Primera Generación	Pannonia Ethanol	Hungría	Maíz	La biorrefinería más grande de Europa para la producción de etanol es actualmente Pannonia (Hungría) propiedad de Ethanol Europe Renewables. Esta planta está utilizando más de un millón de toneladas de maíz y obteniendo principalmente etanol con una producción de 450.000 m ³ por año por año. A su vez, como subproductos obtienen 325.000 toneladas de alimento para ganado y 10.000 m ³ de aceite de maíz). La producción comenzó en 2012 y actualmente es la mayor productora de etanol de Europa. La planta utiliza maíz en un área extendida de 100 km alrededor de la planta.
Segunda Generación	St1 Company - Etanolix	Finlandia y Suecia	Residuos de panadería industrial y de procesos industriales. Residuos de pan caducados de tiendas y mercados	La idea de esta tecnología es la producción de etanol cerca de la fuente de la materia prima, con pequeñas instalaciones de producción de etanol que producen 85% de etanol. El etanol luego se recolecta en una de las plantas (Hamina) para ser deshidratado hasta el

				99,5% y mezclado con gasolina para producir el combustible final para el transporte. Actualmente, la capacidad anual de esta planta en Hamina es de 88.000 m ³ de etanol, con una capacidad esperada en 300.000 m ³ para 2020.
Segunda Generación	St1 Company - Cellunolix	Finlandia	Lignocelulosa (residuos de la industria maderera)	Se centra en gran medida en la materia prima lignocelulósica, utilizando aserrín como materia prima. Siendo el etanol el producto mayoritario, producen otros subproductos de alto valor como lignina, jarabe, trementina y furfural.
Segunda Generación	St1 Company - Bionolix	-	Biorresiduos domésticos y comerciales	A través de esta nueva fuente, la compañía espera diversificar su concepto de producción de biocombustibles.
Segunda Generación	Beta Renewables - Proesa	Italia	Lignocelulosa	La primera planta construida para la producción de etanol a partir de biocombustibles de segunda generación utiliza materiales lignocelulósicos y fue construida en Italia por Beta Renewables en 2013 con una capacidad de producción de 75.000 m ³ al año. Esta empresa posee la Tecnología Proesa® para convertir el material lignocelulósico en azúcares simples.

Segunda Generación	GranBio Proesa	- Brasil	Paja y bagazo de caña de azúcar	<p>La misma tecnología (Proesa®) s aplicada por GranBio en su planta de etanol de segunda generación en Alagoas (Brasil). Esta planta tiene una capacidad de producción de 82.000 m³ al año. Además de la tecnología Proesa, esta planta utiliza enzimas de Novozymes (Dinamarca) y levaduras de DSM (Holanda).</p> <p>El material se somete a un pretratamiento por explosión previo a una hidrólisis enzimática para obtener los azúcares simples. Estos azúcares se fermentan en etanol y se destilan en lignina, de alto poder calorífico, y vinaza.</p>
Segunda Generación	SEKAB E-technology	Suecia	Lignocelulosa	<p>La empresa, además del etanol, apuntó a otros compuestos como el ácido acético, el acetaldehído y el acetato de etilo. Para 2013, la tecnología CelluTech desarrollada por SEKAB y algunas de las universidades suecas se comercializó con Davy Process Technology y SEKAB. Esta tecnología se puede adaptar a una gama diferente de productos como madera, paja, residuos de maíz o bagazo</p>

Segunda Generación	Ethanol Europe Renewables y DuPont - Proyecto Pelagonia	Macedonia	Biomasa celulósica	Ethanol Europe Renewables en colaboración con DuPont anunció en 2015 la construcción de la planta de etanol celulósico más grande del mundo. La planta tendrá su sede en la República de Macedonia, utilizando un sitio de alrededor de 20.000 hectáreas que se utilizó en el pasado para cultivar tabaco y actualmente está parcialmente abandonado. La planta tendrá una capacidad de producción total cercana a los 114.000 m ³ .
Segunda Generación	POET-DSM	Escocia	Biomasa celulósica	Esta planta de tratamiento de biomasa celulósica está integrada con una biorrefinería de primera generación. La producción total de etanol a partir de la fuente celulósica es cercana a los 95-75.000 m ³ por año. Esta tecnología está en funcionamiento desde 2008 a escala piloto en Escocia. Al operar esta planta piloto, la empresa resolvió algunos problemas relacionados con la gestión de la materia prima y su almacenamiento, haciéndola disponible durante todo el año.

Tercera Generación	Algenol	EEUU	Dióxido de carbono y agua marina con un microorganismo modificado genéticamente	Algenol anunció una inversión de 190 millones de dólares para construir una planta con una capacidad de producción de aproximadamente 1400 m3 para el 2015. En octubre de 2015, el objetivo principal de la empresa cambió y pasó de la producción de combustible a la captura de carbono y la producción de compuestos químicos.
--------------------	---------	------	---	---

. Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019

V.iii.ii Biopolímeros

El concepto de polímero deriva de las palabras griegas Poly y Mers que, literalmente quiere decir "muchas partes". Desde el punto de vista químico, un polímero está formado por - macromoléculas - compuestas por la unión de moléculas más pequeñas denominadas "monómeros". Los polímeros están muy presentes en nuestro día a día, ya que la mayoría de los objetos que utilizamos están formados por algún tipo de polímero. Los paragolpes o las ruedas del auto, los vasos desechables, las ventanas, algunos tipos de suelos para exterior o las prendas con las que nos abrigamos son solo algunos de los ejemplos de la aplicación de los materiales poliméricos.

La evolución en el proceso de transformación o sintetización de los polímeros - polimerización - ha sido de gran importancia para el sector de la construcción. Los grandes avances en la modificación de los polímeros hicieron posible la realización de importantes proyectos gracias a algunas de sus características únicas como resistencia y durabilidad, capacidad de aislamiento y ligereza o excelente relación calidad/precio.

La utilización de los materiales poliméricos en la construcción también responde a las necesidades del desarrollo sostenible, puesto que son materiales reciclables y respetuosos con el medio ambiente. El PVC es uno de los materiales poliméricos más utilizados en la construcción gracias a sus excelentes características técnicas, tales su como elasticidad, que permite su moldeado con facilidad o su alta resistencia a los impactos y a la rotura. Asimismo, el PVC es

extremadamente resistente al agua y al fuego ya que, en caso de incendio, los átomos de cloro presentes en su composición son liberados impidiendo el proceso de combustión.

Siguiendo esta línea entonces, los biopolímeros son aquellos polímeros que se producen a partir de insumos biológicos, los cuales se procesan en biorrefinerías. Estos insumos son ni más ni menos que los bloques de construcción (monómeros) con los cuales se obtienen los polímeros.

Ácido Poliláctico (PLA)

El ácido poliláctico o poliácido láctico (PLA) es un polímero o bioplástico constituido por elementos similares al ácido láctico, con propiedades semejantes a las del tereftalato de polietileno (PET) que se utiliza para hacer envases, pero que además puede ser biodegradable bajo ciertas condiciones a temperaturas del orden de 60 °C. Se puede degradar en agua y óxido de carbono. Los PLAs se producen mediante polimerización por apertura de los anillos de lactidas.

Este termoplástico, cuyos materiales de base se obtienen a partir de almidón de maíz o de yuca o mandioca, o de caña de azúcar, se está utilizando ampliamente en sectores como la alimentación, *packaging* - embalajes u otros, para a través de moldes de inyección, obtener miles o millones de piezas iguales que permitan obtener dichas piezas a unos costes muy ajustados en todos los aspectos, pero el principal, el medio-ambiental, por su biodegradable tras su utilización.

Tabla V.iii. Biorrefinerías de ácido poliláctico.

Subproducto	Nombre	País	Materia prima	Características
Ácido poliláctico (PLA)	Sulzer Chemtech	Suiza		Zulzer Chemtech abrió una planta piloto en Suiza en 2011. La capacidad de producción total de esta planta era de 1000 toneladas de PLA. Esta planta estaba equipada con su propia tecnología que se basaba en un nuevo proceso de polimerización rentable). De hecho, uno de los desarrollos de esta empresa condujo a una

				mejora en la resistencia al calor de los bioplásticos actuales y los hizo más competitivos en precio, empleando un proceso de polimerización rentable utilizando monómeros de lactida para producir PLA de alta calidad. Este nuevo producto PLA soporta temperaturas de hasta 180 °C, lo que hace posible el uso de este material en la industria automotriz, electrónica y textil.
Ácido poliláctico (PLA)	NatureWorks / Ingeo	EEUU	Maíz	<p>La planta utiliza maíz como materia prima, la cual obtiene en un área de 100 km alrededor de la planta de producción con un suministro constante durante todo el año.</p> <p>Además, NatureWorks participa actualmente en investigaciones avanzadas sobre la producción de PLA a partir de residuos en biorrefinerías de segunda generación.</p> <p>La tecnología Chemtech se instaló en la planta de producción de NatureWorks en 2013; esto permitió ampliar la producción de 140.000 a 150.000 toneladas por año. Además, con la aplicación de esta tecnología, NatureWorks aumentó el portafolio de sus productos.</p>
Ácido poliláctico (PLA)	PTT Chemical / NatureWorks	Tailandia	Caña de azúcar y raíces de mandioca	<p>Para 2011, PTT Global Chemical Public Company Limited (PTT Chemical) realizó una inversión de 150 millones de dólares en NatureWorks. Juntos, construyeron una planta de producción de PLA en Tailandia diseñada por Jacobs (NYSE:JEC) Engineering Group. En 2012, NatureWorks y BioAmber llegaron</p>

				a un acuerdo para comercializar una nueva familia de grados de resina de polímero compuesto de base biológica.
Ácido poliláctico (PLA)	Futero	Bélgica		En septiembre de 2007, Galactic y Total Petrochemicals establecieron una alianza para el desarrollo de Futero. Abrieron una planta de producción en Bélgica en 2010 con una capacidad de 2000 toneladas por año de ácido poliláctico. Esta inversión fue de unos 15 millones de euros , y Galactic fue el proveedor de ácido láctico para la producción de PLA y Total Petrochemicals de la tecnología de polimerización
Ácido poliláctico (PLA)	PLAneo	Alemania / China / Tailandia		En 2010 se construyó una pequeña con una capacidad de 500 toneladas por año en Guben (Alemania). Esta planta fue construida por ThyssenKrupp en conjunto con Uhde Inventafischer. Actualmente están construyendo una planta con su producto patentado (PLAneo) en Changchun (China). La puesta en marcha de la planta está prevista para el primer trimestre de 2018. Esta planta tendrá una capacidad de 10.000 toneladas anuales. Este proceso se basa en una tecnología de polimerización desarrollada por Purac (actual Corbion, propiedad del grupo holandés CSM). Corbion construyó una planta de producción de D- y L-lactidas con una capacidad de producción de 75.000 toneladas en Rayong

				(Tailandia). Además de esto, en colaboración con Total, Purac ha comenzado recientemente a construir una producción de PLA con una capacidad de 75 000 toneladas en el mismo lugar.
--	--	--	--	---

Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019.

Polihidroxialcanoatos (PHA)

Los Polihidroxialcanoatos o PHA son poliésteres lineales producidos en la naturaleza por la acción de las bacterias por fermentación del azúcar o lípidos. Las bacterias los producen como mecanismo de almacenamiento de carbono y energía. Más de 150 monómeros diferentes se pueden combinar para dar este tipo de materiales con propiedades extremadamente diferentes.

Pueden ser materiales termoplásticos o elastómeros, con puntos de fusión de entre 40 y 180 °C. Las propiedades mecánicas y biocompatibilidad del PHA también se puede cambiar mediante la mezcla, la modificación de la superficie o la combinación de PHA con otros polímeros, enzimas y materiales inorgánicos, por lo que es posible para una gama más amplia de aplicaciones.

Tabla V. iv Biorrefinerías polihidroxialcanoatos.

Subproducto	Nombre	País	Materia prima	Características
PHA	Metabolix	EEUU	Enzimas	Metabolix, fundada en 1992, se dedicó al desarrollo de la producción de PHA de bajo costo; esta tecnología fue desarrollada en el Instituto de Tecnología de Massachusetts. Desarrollaron diferentes tecnologías y numerosas patentes relacionadas con el

				<p>uso de enzimas para la producción de PHA.</p> <p>Posteriormente Metabolix cambió su enfoque hacia soluciones aditivas basadas en PHA desarrollando otros usos para el PHA como copolímeros con resinas de PVC o PLA.</p> <p>Para 2016, Metabolix estableció una sociedad con CJ CheilJedang Corp de Corea del Sur para fundar, construir y operar una producción de PHA de 10 000 toneladas por año. Esta planta utilizaría la tecnología PHA de Metabolix y estaría ubicada en Iowa (EE. UU.)</p>
PHA	Bio-on: MINERV	Italia	Remolacha o algunos productos industriales, como glicerol, grasas y algunos aceites.	<p>Esta empresa trabaja con tecnologías de biofermentación involucradas en la producción de bioplásticos y químicos sustentables. Bio-on vende su producto PHA bajo el título de MINERV; esto incluye más de 100 monómeros diferentes con diferentes propiedades, como puntos de fusión que van desde 40 a 180 °C. Esta tecnología está enfocada a determinados campos como el sector juguetero, cosmético y biomédico, así como el envasado de alimentos.</p> <p>Como materia prima para el proceso de fermentación se</p>

				<p>puede utilizar remolacha o algunos productos industriales, como glicerol, grasas y algunos aceites. Este proceso de fermentación se basa en la capacidad de <i>Ralstonia eutropha</i> para metabolizar las fuentes de carbono y convertirlas en PHA. Recuperan y purifican el PHA dentro de la célula utilizando su propia tecnología Bio-on).</p> <p>Bio-on está construyendo su propia planta de producción de PHA en Bolonia (Italia) para el verano de 2018. La inversión para esta planta es de alrededor de 20 millones de euros y tendrá una capacidad de 1000 toneladas por año, ampliable a 2000 toneladas por año.</p>
PHA	SECI / Bio-on	Italia	subproductos del biodiesel (glicerol)	<p>Bio-on firmó algunos acuerdos de licencia para construir plantas para la producción de PHA en todo el mundo. Con SECI (parte del holding Gruppo Industriale Maccaferri), firmaron un acuerdo para construir la primera planta para la producción de PHA utilizando subproductos del biodiesel (principalmente glicerol). SECI compró esta tecnología por 4 millones de euros para construir esta planta</p>

				productiva en San Quirico (Italia)..
PHA	Moore / Bio-on	Brasil	subproductos de la caña de azúcar	Moore Capital invirtió 5,5 millones de euros en la adquisición de la licencia de producción para producir PHA a partir de subproductos de la caña de azúcar en Brasil con una capacidad de 10.000 toneladas al año.
PHA	Cristal Union / Bio-on	Francia	remolacha azucarera	Bio-on firmó un acuerdo con Cristal Union (Francia) para construir la planta de producción de PHA a partir de remolacha azucarera más moderna con una capacidad inicial de 5000 toneladas por año ampliable a 10,000 toneladas.

Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019.

V.iv Bloques de construcción bioquímicos

V.iv.i introducción

La producción de los denominados bloques de construcción bioquímicos apunta a la generación de sustitutos directos de los bloques petroquímicos existentes, los cuales se pueden obtener mediante biorrefinación, por ejemplo, utilizando materia prima lignocelulósica para la recuperación de algunos compuestos alifáticos y aromáticos.

Ácido Furandi Carboxílico (FDCA)

El ácido 2,5-furanodicarboxílico (FDCA, por sus siglas en inglés), también conocido como ácido piromúxico, es un compuesto orgánico que fue detectado por primera vez en la orina humana. Se trata de un compuesto muy estable. Algunas de sus propiedades físicas, tales como insolubilidad en la mayor parte de disolventes y un punto de fusión muy alto (funde a 342°C), parecen indicar la existencia de enlaces de hidrógeno intermoleculares. El FDCA posee dos grupos carboxilo, lo que le convierte en un monómero adecuado para reacciones de policondensación con dioles o diaminas.

Es uno de los 12 principales compuestos químicos de alta valor añadido listados por el DOE¹⁴ de los Estados Unidos en 2004. Esta lista se actualizó en 2010 y el FDCA fue incluido de nuevo, pero esta vez en un grupo junto con el furfural y el 5-hidroximetilfurfural (5-HMF). Estas tres moléculas son los principales representantes de los compuestos furánicos (derivados del furano), conocidos como los “Gigantes Dormidos” debido a enorme potencial del mercado. En los últimos años, el FDCA ha sido objeto de creciente atención por su aplicación a varios sectores, particularmente por la posibilidad de substituir al ácido tereftálico (PTA) derivado de fuentes fósiles en la síntesis de polímeros útiles.

El FDCA puede ser usado en un amplio rango de aplicaciones en la que se incluyen productos químicos verdes y biopolímeros. A pesar de su estabilidad química, puede experimentar las típicas reacciones de los ácidos carboxílicos para dar halogenuros carboxílicos, ésteres y amidas. El mercado de los materiales representa un negocio multimillonario e incluye plásticos, plastificantes y recubrimientos.

Tabla V. v Biorrefinerías de ácido furandicarboxílico (FDCA).

Subproducto	Nombre	País	Materia prima	Características
FDCA	Avantium: Plataforma YXY	Holanda		Avantium desarrolló una plataforma tecnológica denominada YXY para la producción de productos químicos renovables, como furánico y levulínico para plásticos y otras aplicaciones. Uno de estos materiales es el furanoato de polietileno (PEF), fabricado a partir de FDCA y que sirve como sustituto del PET para reducir la huella de dióxido de

¹⁴ Departamento de Energía de EE.UU:

				carbono y de agua entre un 50 y un 70%. El FDCA se obtiene por deshidratación de fructosa a metoximetil furfural, seguido de una oxidación. Avantium abrió una planta piloto en Geleen (Países Bajos) apoyándose en la tecnología YXY en 2011 cubierta por 15 patentes.
FDCA	MetGen: Plataforma ENZINE			MetGen, una empresa finlandesa que se centra en la producción de enzimas a medida mediante ingeniería genética, desarrolló una nueva plataforma tecnológica denominada ENZINE. Con el uso de esta tecnología, la empresa ha desarrollado una nueva vía quimioenzimática para la producción de FDCA.

Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019

Ácido Levulínico (LVA)

El ácido levulínico (también conocido como ácido 4-oxopentanoico o ácido γ -cetovalérico) es un compuesto orgánico con fórmula química $C_5H_8O_3$. Es un sólido cristalino blanco soluble en agua y solventes orgánicos polares. Contiene cetona y un grupo carboxílico cuya presencia da lugar a interesantes patrones de reactividad. Es uno de los bloques de construcción químicos de base biológica más reconocidos, un material de partida para una gran cantidad de compuestos. De hecho, fue reconocido por el Departamento de Energía de EE. UU. como uno de los principales productos químicos de plataforma de base biológica del futuro y puede abordar con éxito muchos problemas relacionados con el rendimiento atribuidos a productos químicos y materiales a base de petróleo.

El ácido levulínico puede servir como un bloque de construcción increíblemente versátil para productos químicos y materiales derivados directamente de la biomasa. Se utiliza como precursor de:

Aditivos de combustible. Los ésteres de levulinato son aditivos para combustibles de transporte de gasolina y diésel. Por ejemplo, pueden reemplazar los mejoradores de cetano actuales y los de flujo en frío para diésel. También pueden reemplazar a los mejoradores de lubricidad. El metiltetrahidrofurano (MeTHF), un derivado del ácido levulínico, también se puede mezclar hasta en un 50 % con gasolina para aumentar el rendimiento del vehículo y reducir las emisiones al aire.

Disolventes. Los ésteres de ácido levulínico, gammavalerolactona (GVL) y MeTHF son disolventes adecuados para una serie de aplicaciones. GVL puede reemplazar al acetato de etilo y MeTHF puede usarse como sustituto del tetrahidrofurano (THF) en la industria química y farmacéutica fina.

Polímeros y plastificantes. Los ésteres de cetal derivados del ácido levulínico pueden reemplazar a los principales plastificantes a base de ftalatos. El metilbutanodiol (MeBDO) tiene potencial como monómero para poliuretanos. GVL puede ser un monómero para polímeros de poliéster y materiales de partida para isómeros de pirrolidinona.

Resinas y recubrimientos. El ácido levulínico se puede utilizar en resinas de poliéster y polioles de poliéster para aumentar la resistencia al rayado en revestimientos interiores y exteriores. Su derivado Ácido difenólico (DPA) se utiliza en acabados protectores y decorativos.

Agroquímicos. Su derivado ácido delta-amino levulínico (DALA) se usa como herbicida en céspedes y ciertos cultivos de granos.

Productos farmacéuticos. El ácido levulínico se usa en medicamentos antiinflamatorios, agentes antialérgicos, suplementos minerales y parches transdérmicos. DALA se utiliza para el diagnóstico y tratamiento del cáncer.

Cuidado personal. El ácido levulínico y sus derivados se utilizan en composiciones cosméticas orgánicas y naturales con fines antimicrobianos, perfumantes, acondicionadores de la piel y reguladores del pH.

Sabores y fragancias. Los ésteres de ácido levulínico se utilizan a menudo como ingredientes de fragancia y sabor afrutado de nicho.

Tabla V.vi. Biorrefinerías de ácido levulínico (LVA).

Subproducto	Nombre	País	Materia prima	Características
LVA	GFBiochemicals	Italia	Maíz	GFBiochemicals comenzó la producción de ácido levulínico (LVA) en Caserta (Italia) en 2015. Han producido LVA a escala piloto a través de la conversión termoquímica de biomasa renovable desde 2008. El maíz se usó como materia prima con una producción inicial

				<p>de 2000 toneladas por año y se incrementó la capacidad a 10,000 toneladas por año para 2017.</p> <p>Actualmente, GFBiochemicals está trabajando en colaboración con Henkel y VITO para utilizar residuos lignocelulósicos y otros residuos de la agricultura y la silvicultura para la producción del LVA. Estos productos tendrán un 70% menos de GHS en comparación con sus homólogos de origen fósil.</p>
LVA	Bio-on	Italia	subproductos de la industria azucarera	<p>Además de la investigación y producción de PHA, Bio-on también comenzó a trabajar en 2017 en colaboración con el Grupo Sadam en la construcción de una planta piloto para la producción de LVA utilizando subproductos de la industria azucarera como materia prima. La capacidad de la planta de demostración en Parma (Italia) será de 5000 toneladas por año. Se espera que este proceso enzimático para la producción de LVA sea menos contaminante a través de la conversión termoquímica y tenga un menor costo de producción.</p>

Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019

Hidroxi Butirolactona (3-HP)

Otro de los principales productos químicos de plataforma de base biológica del futuro reconocidos por el DOE. La 3-hidroxibutirolactona (3-HBL) es un compuesto C4 cíclico producido mediante transformaciones químicas.

La síntesis química de este compuesto implica múltiples pasos y, por lo tanto, se considera "desordenada" y/o difícil. Una posible ruta hacia el bloque de

construcción comienza con el ácido málico (2-hidroxisuccínico). El ácido málico se puede ciclar para formar anhídrido hidroxisuccínico, que, por reducción, da la hidroxibutirilactona. El ácido málico se produce actualmente a partir del ácido fumárico o maleico, ambos derivados del anhídrido maleico, que a su vez se produce a partir de la oxidación en fase de vapor de hidrocarburos (particularmente butano).

La conversión de fumárico a málico se realiza mediante fermentación. Por lo tanto, si los avances de la biotecnología pudieran conducir a la producción de ácido málico a partir de azúcares, se puede visualizar un camino más rentable. Quizás también sea posible una bioconversión directa del azúcar hasta 3-HBL. Por lo tanto, los principales obstáculos técnicos para el desarrollo de 3-HBL como bloque de construcción incluyen el desarrollo de rutas de fermentación de menor costo.

Las oportunidades de investigación y mercado de la 3-hidroxibutirilactona provienen de su potencial para crear nuevos compuestos derivados. Dado que se produce como un producto químico especial para usos de valor bastante alto, se ha prestado poca atención a su producción como producto químico intermedio y todos los problemas relacionados con dicho desarrollo. Este sería un producto desafiante para desarrollar, pero que tiene algunas oportunidades interesantes. Se requerirían análisis de ingeniería para definir mejor las métricas necesarias para lograr una producción rentable de esta molécula.

Tabla V.vii Biorrefinerías de hidroxibutirilactona (3-hp).

Subproducto	Nombre	País	Materia prima	Características
3-HP	Cargill- Novozymes			Cargill y Novozymes iniciaron una colaboración en 2008 para desarrollar una tecnología utilizando microorganismos capaces de convertir materias primas renovables en 3-PH. Para 2012, BASF se unió al equipo, interesado en la producción de ácido acrílico como compuesto final. En 2014, el grupo anunció su intención de construir una instalación piloto para la producción de ácido acrílico glacial, luego de demostrar la conversión exitosa de 3-HP en ácido acrílico,

				Si bien a principios de 2015 BASF abandonó el grupo, Novozymes y Cargill anunciaron que trabajarían en el proyecto
3-HP	OPXBio		azúcares dextrosa o sacarosa	<p>Dow y OPX Biotechnologies (OPXBio) anunciaron en 2011 su acuerdo para desarrollar ácido acrílico a partir de materias primas renovables. Esta tecnología consiste en la fermentación de los azúcares dextrosa o sacarosa por una E. coli manipulada genéticamente; la biomasa se mata y se elimina, seguido de la decantación y reciclaje del agua. El ácido acrílico se obtiene por deshidratación del 3-HP. OPXBio anunció su éxito en la producción de ácido acrílico en un fermentador de 3 m³ en 2012.</p> <p>Evonik, que fue socio anterior de Dow en otros proyectos, también creó una empresa conjunta con OPXBio para el desarrollo de algunos productos químicos especiales de base biológica utilizando la tecnología EDGE (<i>Efficiency Directed Genome Engineering</i>) de OPXBio. Después de eso, OPXBio anunció escalar hasta 50 m³ y escala industrial para 2017. Sin embargo, para 2015 OPXBio vendió toda su tecnología de sistemas y procesos basados en fermentación a Cargill.</p>

Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019

Ácido Succínico

El ácido succínico (IUPAC, ácido butanodioico) es un ácido dicarboxílico de fórmula C₄H₆O₄. Se trata de un sólido cristalino de color blanco, que en disolución acuosa se ioniza produciendo iones succinato. Su nombre proviene del latín succinum, que quiere decir ámbar, de donde puede extraerse.

Este ácido puede ser encontrado en la naturaleza en muchas frutas aún no maduras, y también aparece en la fermentación del vino y de la cerveza. Se encuentra sobre todo en los músculos, en hongos, en el ámbar y otras resinas, de

donde se extrae por destilación. Se obtiene por hidrogenación de los ácidos maleico y fumárico, y en la industria se sintetiza a partir del acetileno y del formaldehído.

Se utiliza en la fabricación de lacas, colorantes, en perfumería, en medicina, como aditivo alimentario (E-363) y como reactivo para la fabricación de plásticos biodegradables. El ácido succínico, a través de la producción biológica, puede ser más competitivo que otras rutas tecnológicas en términos de precios mínimos de venta (US\$/kg).

Tabla V.viii. Biorrefinerías de ácido succínico.

Subproducto	Nombre	País	Materia prima	Características
Ácido succínico	Reverdia	Italia		La primera planta de producción industrial fue instalada por Reverdia en Cassano Spinola (Italia) en 2012, con una capacidad de hasta 10.000 toneladas al año.
Ácido succínico	Succinity	España		La empresa para la producción de ácido succínico se estableció en 2014 en Montmelo (España) también con una capacidad de 10.000 toneladas por año.
Ácido succínico	BioAmber	Canadá / EEUU	Maíz	BioAmber inició la producción de ácido succínico en 2015 en Sarnia (Ontario, Canadá), actualmente con la mayor capacidad de producción hasta 30.000 toneladas por año utilizando principalmente maíz como materia prima. Durante la fase piloto, se utilizó <i>Escherichia coli</i> para la producción de ácido succínico; sin embargo, la sensibilidad de este microorganismo a los cambios de pH resultó en problemas de estabilidad. Por lo tanto, fue reemplazada por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , modificada genéticamente para la producción de ácido succínico vinculado con la producción de levadura de Cargill con sede en EE. UU. Debido a

				<p>la sustitución de las bacterias por levaduras, el desarrollo tuvo un retraso de 1 año.</p> <p>Actualmente, la empresa está trabajando con DuPont, Evonik y Johnson Matthey Davy Technologies para desarrollar una ruta desde el ácido biosuccínico hacia 1,4-butanodiol (BDO) y tetrahidrofurano.</p> <p>A su vez, DNP Green Technology (compañía de origen de BioAmber) ha establecido una empresa conjunta con Agro-Industrie Recherches et Développements (ARD) con sede en Francia para desarrollar y comercializar ácido succínico de base biológica.</p>
--	--	--	--	---

Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019.

BIO-ISOBUTANOS

El metilpropano o isobutano es un compuesto orgánico perteneciente a los alcanos de fórmula (H₃C)-CH₂-CH₃, isómero del butano. El prefijo bio señala su origen a partir de insumos biológicos.

La preocupación reciente por el deterioro de la capa de ozono ha llevado a un incremento del uso del isobutano en sistemas de refrigeración y como propelente, en sustitución de los clorofluorocarburos. Algunas estufas portátiles para acampar utilizan una mezcla de isobutano con propano, por lo general en una proporción de 80 a 20. El isobutano es utilizado como materia prima en la industria petroquímica, por ejemplo, en la síntesis del isooctano.

Tabla V.ix. Biorrefinerías de bio-isobutanos.

Subproducto	Nombre	País	Materia prima	Características
Bio-Isobutanos	Global Bioenergies	Alemania	subproductos de la industria azucarera	Global Bioenergies fue fundada en 2008 y tiene su sede en Francia. Esta empresa está enfocada en el desarrollo de procesos para la obtención de componentes químicos a partir

			<p>de fuentes renovables vía fermentación. En 2014 la compañía construyó su planta piloto para la producción de isobuteno con una capacidad de 10 toneladas por año con un reactor de 500 L. Este componente químico se obtuvo a partir de subproductos de la industria azucarera mediante fermentación. Esta tecnología fue patentada previamente por la empresa.</p> <p>A finales de 2016, la compañía completó la construcción de su instalación de demostración en Leuna (Alemania) dedicada a la producción de isobuteno de alta pureza a partir de recursos renovables. La capacidad total de esta planta es de 100 toneladas al año. Es la única planta dedicada a la fermentación directa de hidrocarburos gaseosos. Combina dos fermentadores de 5 m³ y sistemas de purificación completos que imitan todos los aspectos de una instalación de isobuteno a escala comercial. El proyecto recibió el apoyo de una subvención de 5,7 millones de euros del Ministerio Federal de Investigación de Alemania, junto con 4,4 millones de euros de un préstamo de un consorcio de bancos franceses.</p> <p>Global Bioenergies está trabajando ahora con Clariant (líder en productos químicos especiales) como proveedor de isobuteno para ser utilizado como modificador de reología</p>
--	--	--	---

				<p>en la industria cosmética. Por lo tanto, Clariant puede pasar a una producción más sostenible, donde los ingredientes de base biológica que dependen de recursos renovables son un factor clave. Además, L'Oreal está probando este material para utilizarlo en sus productos.</p> <p>En colaboración con Audi, la compañía ha producido con éxito <i>e-fuels</i> como el isooctano, producido a partir de isobuteno, que ha sido probado en sus motores tras más de 2 años de colaboración.</p> <p>Para escalar hasta el nivel de producción industrial, Global Bioenergies formó una empresa conjunta con Cristal Union para formar IBN-One con el objetivo de construir la primera planta para la producción de bioisobuteno. Esta planta tendrá una capacidad de 50.000 toneladas anuales y el diseño de ingeniería corresponderá a IPSB y Technip. La construcción de la planta se espera para 2018.</p>
--	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia en base a castilla-archilla et al, 2019

V.v Biorrefinerías de microalgas: tercera generación

V.v.i Producción de microalgas

Las biorrefinerías de tercera generación están ganando más atención últimamente, por ejemplo, para la producción de combustible y energía, donde principalmente solo se requiere CO₂ y luz solar para su producción. Muchos

estudios han analizado la necesidad de un producto de mayor valor que el combustible para que estas biorrefinerías sean rentables.

Sin embargo, se requiere una gran mejora para lograr la producción a escala industrial de este tipo de biorrefinerías. Por ejemplo, los procesos *downstream* en biorrefinerías de primera o segunda generación pueden representar alrededor del 30% de los costos totales; para una biorrefinería de microalgas, éstos podrían llegar hasta el 60%.

Un ejemplo es Algenol, que pasó de la producción de combustibles a compuestos de mayor valor (Sección 2.4). La empresa comercializa productos de la industria alimentaria y cosmética, como colorantes naturales, proteína y espirulina.

V.v.ii Producción de espirulina

Actualmente, existen más de 60 empresas dedicadas a la producción de espirulina enfocadas en alimentación humana, suplementos dietéticos, productos nutricionales y colorantes.

El productor más grande es Earthrise Nutritionals, con una instalación al aire libre que utiliza estanques abiertos que tiene un área total de 180 000 m. En 2011 la compañía fue adquirida por el Grupo Hisparroz, que está relacionado con el Grupo Ebro Food, la máxima empresa de la industria alimentaria en España y con alta presencia en el sector biotecnológico. La empresa utiliza *Tetraselmis chuii* enriquecido en superóxido dismutasa; desarrollaron su propio sistema para deshidratar, purificar y extraer este compuesto para su aplicación en alimentos funcionales y enfocados en cosmética para reducir el daño de los radicales libres en la piel. La planta cuenta con un total de 36 fotobiorreactores de exterior de 2 m³ cada uno, con capacidad para producir hasta 6 cepas diferentes en paralelo. Esta planta produce y refina completamente la espirulina hasta los productos terminados para la alimentación humana con una producción de 500 toneladas por año de materia seca de espirulina. Además, desde 2015 Earthrise está usando Spirulina para la producción de colorante alimentario azul natural bajo el nombre comercial Linablue. Con una inversión de 10 millones de dólares en 2013 y una segunda inversión en 2016 de 13 millones de dólares, la planta estará en funcionamiento en 2018.

V.v.iii Cosméticos

Las microalgas como fuente rica de metabolitos activos y una variedad de enzimas han atraído la atención del sector nutracéutico y cosmético. Un ejemplo de este tipo de industrias es Fitoplancton Marino, que es una de las empresas española

líder en microalgas marinas, con producción de *commodities* para la industria acuícola, nutracéutica, cosmética y sanitaria.

La empresa utiliza *Tetraselmis chuii* enriquecido en superóxido dismutasa; desarrollaron su propio sistema para deshidratar, purificar y extraer este compuesto para su aplicación en alimentos funcionales y enfocados en cosmética para reducir el daño de los radicales libres en la piel. La planta cuenta con un total de 36 fotobiorreactores de exterior de 2 m³ cada uno, con capacidad para producir hasta 6 cepas diferentes en paralelo.

V.v.iv Producción de biofertilizantes

Los compuestos de microalgas en cultivos tienen efectos mayores y más rápidos que los sistemas tradicionales utilizados en agricultura, con la ventaja de que no genera ningún residuo en la planta ni en el cultivo. Por ejemplo, el uso de biorrefinerías de microalgas para la producción de biofertilizante y alimento acuícola ha mostrado efectos positivos.

Biorizon Biotech nació como una spin-off de la Universidad de Almería (España). El objetivo principal de esta empresa es el desarrollo, producción y comercialización de aminoácidos y fertilizantes utilizando tecnologías de microalgas. El cultivo más importante que cultivaban era la espirulina. En el caso de los fertilizantes, la empresa ha desarrollado su propia tecnología, lo que les permitió cambiar en un perfil diferente de sustancias. A través del proyecto Regenera, Biorizon Biotech está estudiando el uso de microalgas para el tratamiento de aguas residuales, al mismo tiempo que la biomasa producida se utiliza como fertilizante y fuente de diferentes compuestos de interés en la industria agroalimentaria. Los productos obtenidos pueden ser de alto valor, como aditivos para alimentos acuícolas y bioestimulantes, así como biofertilizantes de menor valor.

CAPÍTULO VI OPORTUNIDADES DESDE LA QUÍMICA VERDE PARA SANTA FE

VI.i Introducción

Luego del recorrido realizado en el trabajo respecto de recursos, capacidades, trayectorias y posibilidades de la provincia de Santa Fe en relación tanto a la bioeconomía en generala como a las biorrefinerías en particular, se aprecia que existe un gran potencial para avanzar en procesos de agregado de valor y desarrollos industriales, tecnológicos y científicos asociados a ellas. Tanto el rol de provincia productora de materias primas de origen agropecuario, como la capacidad de procesamiento de la misma, las redes comerciales y su infraestructura asociada, las capacidades industriales y tecnológicas, y las redes existentes entre los actores, delinear una gran masa crítica desde la cual poder articular un proceso de desarrollo del sector de biorrefinerías.

En todo caso, el interrogante recae sobre cuál ha de ser el punto de partida o apalancamiento que se utilice para potenciar el proceso en curso en una trayectoria que maximice las oportunidades para la provincia. Y de la mano de ello, el requerimiento de herramientas de política y gestión necesarias para llevar a buen puerto el desarrollo de la oportunidad.

Para llevar adelante la tarea se enfocará el problema de la identificación del sector clave desde el punto de vista de la competitividad sistémica, sobre la base del supuesto de que, el sector que se impulse con la ayuda de políticas debe tener las mayores chances posibles de autosostenerse luego de un periodo de incubación, a la vez que desarrollar los mayores efectos multiplicadores posibles. Así entonces, en lo que resta del capítulo se repasarán de manera liminar algunos aspectos de lo que hace a análisis de competitividad, para desarrollar luego un análisis de un sector de interés para la provincia en lo que a biorrefinerías hace.

VI.ii Santa Fe y las ventajas competitivas

Condiciones de los factores

Cada nación posee, en mayor o menor medida, los factores de producción necesarios para competir en cualquier sector, tales como recursos humanos, recursos naturales, recursos de conocimientos, recursos de capital e infraestructura. Según la teoría tradicional del comercio (desde Ricardo hasta muchas posiciones contemporáneas), toda nación exporta aquellos bienes que hacen uso intensivo de los factores de los que está relativamente mejor dotada.

Pero el papel de los factores es diferente y mucho más complejo de lo que frecuentemente se piensa. Los factores más importantes o específicos para la ventaja competitiva, principalmente en los sectores más vitales para el crecimiento de la productividad en las economías avanzadas, no son aquellos que se heredan sino, por el contrario, los que se crean y mejoran en el tiempo. La cantidad disponible de factores en un momento particular es mucho menos importante que el ritmo con que se crean, perfeccionan y se hacen más especializados para determinados sectores y segmentos.

En efecto, la ventaja competitiva que se deriva de los factores depende del grado de eficiencia y efectividad con que se despliegan, no es el mero acceso sino la capacidad de desplegarlos productivamente en sectores y segmentos específicos lo que tiene importancia capital para la competitividad (Porter, 1990, pp. 113-117). Incluso, aunque resulte sorprendente, la ventaja competitiva puede derivarse de la desventaja en algunos factores, fundamentalmente en la carencia de factores básicos, cuya insuficiencia se puede soslayar, eliminar o reducir por medio de la innovación y perfeccionamiento en factores más refinados tales como tecnologías propias, economías de escala, recursos humanos e infraestructura de alta cualificación.

La desventaja en factores básicos estimula a las empresas a no apoyarse en ventajas basadas en precios relativos sino a buscar ventajas de orden superior. En contraste, la abundancia local de factores básicos induce a las empresas a caer en la autocomplacencia y les disuade de aplicar tecnologías avanzadas, lo cual deriva en crecimientos efímeros de la productividad y, en consecuencia, ventajas competitivas efímeras.

La carencia de factores básicos, que presupondría una desventaja estática según las teorías convencionales, se convierte, desde esta perspectiva, en una fuente de ventaja competitiva dinámica ya que presiona a las industrias a desarrollar innovaciones y mejoras para contrarrestar ese obstáculo. Efectivamente, un nivel medio de presión que incluya un equilibrio relativo de ventajas en algunas áreas y de desventajas en otras áreas seleccionadas aparece como el mejor escenario para la mejora y la innovación.

Es necesario establecer, entonces, la distinción entre los factores básicos (recursos naturales, clima, situación geográfica, mano de obra semiespecializada, etc.) y los factores avanzados (moderna infraestructura digital de comunicación de datos, personal científico especializado, instituciones de investigación en disciplinas complejas, etc.), atendiendo que los primeros se heredan de forma pasiva, su creación requiere inversiones modestas y frecuentemente son fuente de ventajas efímeras. Los factores avanzados, por el contrario, son necesarios para obtener ventajas competitivas de orden superior, tales como productos diferenciados y tecnología de producción propia.

Los factores de segundo orden son los más escasos y difíciles de conseguir porque su desarrollo requiere inversiones cuantiosas de capital monetario y complejos recursos humanos y tecnológicos. Así todo, los factores básicos, aunque rara vez son por sí mismos fuente de ventaja sustentable, deben ser de suficiente calidad y cantidad para permitir el desarrollo de factores avanzados afines (Porter, 1990, pp. 117-125).

La ventaja competitiva más significativa y sustentable se produce cuando una nación cuenta con los factores necesarios para competir en un sector o segmento determinado, y mucho mejor aún, cuando tales factores han de ser, a la vez, avanzados y especializados, es decir, personal con formación muy específica, infraestructura con propiedades peculiares, bases de conocimientos en campos muy exclusivos. Esto los constituye en parte integral de las políticas de innovación permanente, teniendo en cuenta que el patrón de la especialización tiende a subir continuamente a medida que los factores especializados de hoy no serán los de mañana.

Tanto los recursos humanos especializados, los recursos de conocimiento como la infraestructura son activos particularmente sensibles a la depreciación –a menos que se los especialice y perfeccione contantemente–, esto deja en claro que disponer de ventaja en los factores en un momento dado dista mucho de ser condición suficiente para explicar el éxito nacional sostenido. En tal sentido, a nivel mundial, los procesos de cambio tecnológico, transición geopolítica, transición energética, cambios culturales en general y de hábitos de consumos en particular, y alteraciones de la estructura y ventajas del comercio mundial en general, afectan de manera dinámica la estructura de las ventajas, abriendo ventanas de oportunidad, pero también, cancelando lo que parecían posiciones inamovibles.

El “diamante” de la competitividad

Dentro de los análisis de competitividad sistémica, el de Porter ha sido uno de los que ha tenido mayor influencia, además de ser pionero. En su trabajo postula que la competitividad nacional es un resultado sistémico o estructural de la interacción de cuatro dimensiones: estrategia, estructura y rivalidad de las empresas; condiciones de los factores; condiciones de la demanda; sectores conexos y apoyo que interactúan en un esquema de mutua casualidad y en interacción con el gobierno y sus acciones. El esquema compuesto por estos cuatro determinantes y sus interacciones se denomina “Diamante” de competitividad de Porter (1990, p. 182) (Figura VI.i)

El diamante de Porter no es otra cosa que un esquema para demostrar que los determinantes de la ventaja nacional se constituyen como un sistema dinámico. El auto-reforzamiento del diamante, a medida que evoluciona un sector, tiene la clave del perfeccionamiento y la sustentabilidad de la ventaja competitiva. La influencia y reforzamiento de los condicionantes conduce al fenómeno del agrupamiento y a la generalización e importancia de la concentración geográfica de los encadenamientos productivos.

La magnitud del mutuo reforzamiento es en sí misma una función de unos determinantes en particular y de la presencia de mecanismos que facilitan el intercambio dentro de los agrupamientos en una nación. El diamante es también una herramienta que permite predecir la evolución de un sector o segmento.

Pero lo que más interesa del sistema de determinantes de la ventaja competitiva nacional es que brinda, en su esencia, una perspectiva de la competitividad basada en la importancia de los procesos de inversión e innovación productiva. Los sectores y segmentos internacionalmente competitivos son aquellos cuyas empresas tienen capacidad y voluntad de mejorar e innovar con el objetivo de crear y mantener una ventaja competitiva.

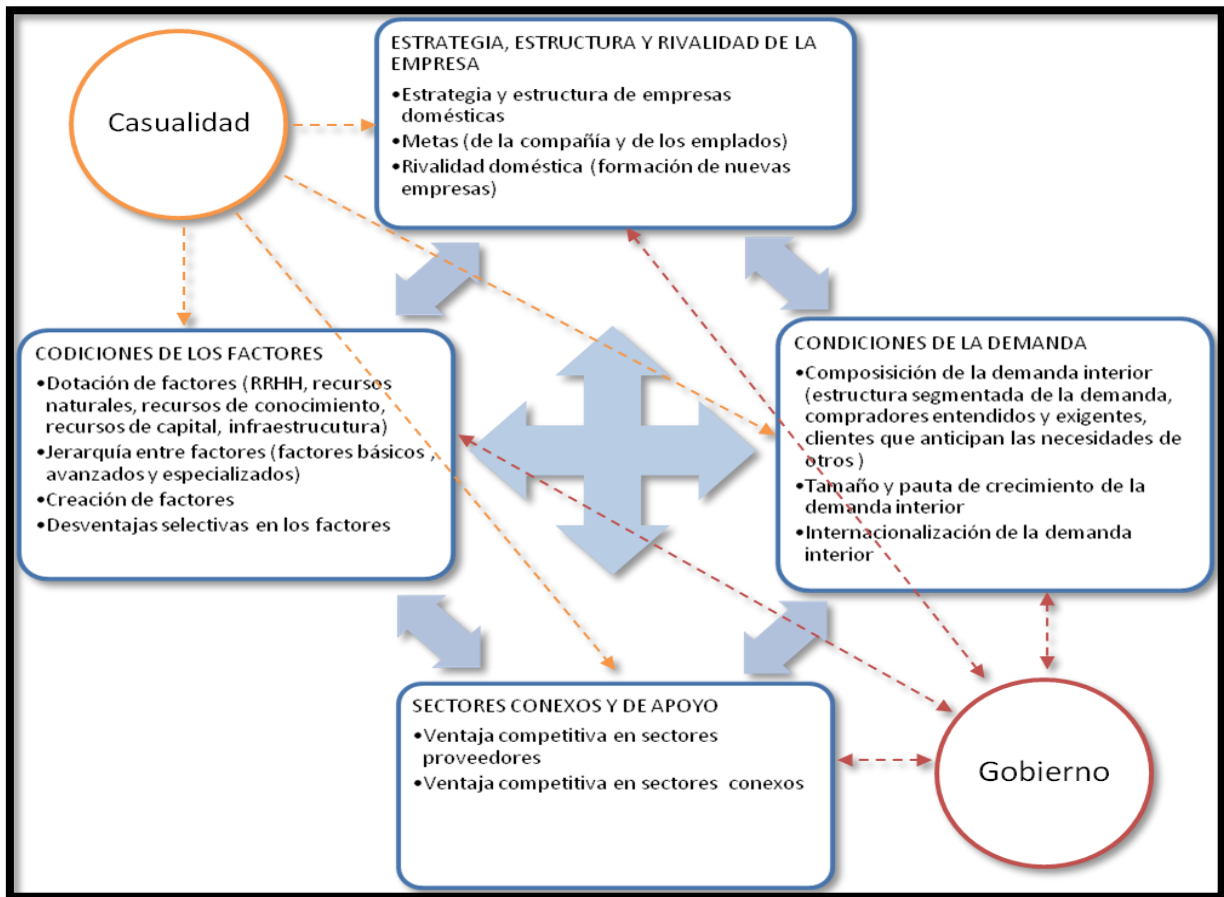


Figura VI.i Diamante de la competitividad de Porter

Fuente: Porter (1990)

En efecto, tanto la mejora como la innovación, en el sentido general utilizado hasta aquí de ambos términos, requieren inversiones en áreas tales como I+D, aprendizaje, instalaciones modernas y formación avanzada (Porter, 1990, pp. 238-240). Veamos entonces los aspectos más concluyentes que destacamos de este enfoque respecto a la relación entre competitividad e innovación:

Primero. Conseguir ventaja requiere, antes que nada, un nuevo enfoque de la forma de competir ya sea si se trata de detectar y explotar una ventaja en los factores, de descubrir segmentos mal aprovechados o de crear características nuevas para productos y procesos. En cualquiera de estos casos, el mantenimiento de la ventaja demanda un proceso continuo de mejoras e innovaciones tendientes a ampliar y perfeccionar las fuentes de competitividad, más allá de su origen y naturaleza.

Segundo. Los determinantes del diamante y las interacciones entre ellos crean las fuerzas que moldean la probabilidad, orientación y ritmo de mejora e innovación de las empresas de una nación e integradas en un sector. La dinámica del sistema es lo que en última instancia promueve el interés –o no– de las empresas para hacer inversiones sostenidas, esto es, entendiendo la inversión como el mejor mecanismo para soslayar las diferencias de productividad generadas por diferencias en tecnología, calidad y costo de los factores u organización y métodos.

Tercero. La capacidad de acceder e interpretar la información son aspectos cruciales para detectar las oportunidades para la mejora e innovación con mayor claridad y fiabilidad a futuro. En este sentido, el diamante permite captar los aspectos más sobresalientes de las condiciones existentes en el entorno señalando las ventajas, las necesidades y, en consecuencia, las oportunidades para la innovación.

Cuarto. Este enfoque asume que la ventaja competitiva emerge como consecuencia de la presión y de la adversidad, y muy raramente de la coexistencia estática. La presión y la adversidad son poderosos motivadores para el cambio y la innovación.

Ya sea por desventajas selectivas en los factores, compradores locales poderosos, necesidades locales estrictas, temprana saturación de mercados, sectores auxiliares y conexos bien capacitados y con proyección internacional o por una rivalidad local intensa, las empresas de determinado sector alcanzan el éxito porque las presiones se yuxtaponen unas con otras a la hora de dar con una respuesta rápida y novedosa a estas cuestiones. No se trata de aquí de una supuesta duplicación de esfuerzos sino de la capacidad de innovar constantemente en aras de evitar ser imitado por los competidores locales y extranjeros.

Quinto. La diversidad, en el sentido de nuevos y diferentes enfoques de la forma de competir, también es importante para la competencia. Esta diversidad se ve fomentada por el diamante y por los agrupamientos o encadenamientos productivos ya que existen entornos diferentes entre las naciones y al interior de las regiones y ciudades que son más o menos favorables para la innovación.

En la competencia internacional el éxito radica en la capacidad de las empresas para innovar y mantener su ventaja durante décadas aunque tengan que enfrentarse a cambios externos, la clave radica entonces en la capacidad de enfrentar y adaptarse a los vaivenes inducidos por el medio ambiente.

El papel de la casualidad

Como hemos visto, la influencia recíproca de los cuatro determinantes de la ventaja nacional moldea el entorno para la competencia en algunos sectores en particular, así todo, la presencia de acontecimientos casuales puede tener un grado de influencia no menor. Hablamos de aquellos incidentes “externos” que irrumpen súbitamente y que están fuera del control y de la capacidad de maniobra tanto de las empresas como de los gobiernos locales, como ser:

- Actos de pura invención;
- Discontinuidades tecnológicas importantes (por ejemplo, la biotecnología, la microelectrónica, la nanotecnología, etc.);
- Discontinuidades en los costos de insumos estratégicos (como las producidas por las crisis del petróleo);
- Cambios significativos en los mercados financieros mundiales o en los tipos de cambio;
- Alzas inesperadas de la demanda mundial o regional;

- Decisiones políticas de gobiernos extranjeros;
- Guerras.

Acontecimientos de este tipo son importantes porque generan rupturas que propician cambios en la posición competitiva, ya sea anulando las ventajas de los competidores previamente consolidados como creando el potencial para que las empresas de una nueva nación puedan posicionarse en los puestos de vanguardia. En todo caso, los acontecimientos casuales alteran “desde afuera” las condiciones en el diamante nacional.

La emergencia de discontinuidades opera (con mayor o menor grado) modificando la estructura interna del sistema lo suficiente como para permitir que un nuevo diamante nacional especializado sustituya a otro. Los atributos nacionales desempeñan, no obstante, un papel importante respecto a qué nación está en condiciones de explotar las oportunidades abiertas por la nueva coyuntura, ya que la nación con el diamante más favorable será la que más probabilidades tiene de convertir los acontecimientos casuales en ventaja competitiva.

Ello dependerá de la existencia –o no– de un entorno nacional coherente con las nuevas fuentes de ventaja y de unas empresas que se sientan presionadas para actuar con la mayor agresividad para aprovecharlas (Porter, 1990, pp. 178-179). En tal sentido, la existencia de agrupamientos territoriales de actores que componen cadenas de valor y comercio, a la vez que actores del sistema científico tecnológico relacionados con dicha cadena, constituyen condiciones ideales para el desarrollo de senderos competitivos en dichas cadenas, a condición claro, de que se cuente con condiciones y herramientas para ello.

El papel de los gobiernos

Por lo dicho hasta ahora resulta tentador hacer del gobierno el quinto determinante de la competitividad nacional, cuando no el más importante de todos ellos. Sin embargo, tal no sería el camino más acertado ni el más útil para comprender la competencia internacional. El auténtico papel del gobierno es el de influir sobre todos y cada uno de los cuatro determinantes de la ventaja competitiva nacional (Porter, 1990, pp. 181).

El gobierno tiene un rol poderoso en la creación y mantenimiento del diamante nacional, actuando como catalizador y estimulando a las empresas a moverse hacia niveles más altos de competitividad, variando su accionar en función de la realidad de cada Estado nacional y sus circunstancias en la economía mundo. A modo de ejemplo, algunas guías para el accionar del gobierno de manera de fomentar la ventaja competitiva pueden ser:

- Alentar a las compañías a mejorar su desempeño promoviendo objetivos que las conduzcan a mantener un ritmo de inversiones sostenido;
- Fomentar la demanda temprana de productos avanzados;
- Focalizarse en la creación de factores especializados;
- Garantizar el cumplimiento de estándares ambientales, de seguridad y de productos; y
- Estimular la competencia local limitando la cooperación directa entre rivales y llevando adelante regulaciones antimonopólicas (Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía, 2006, p. 20).

En este punto es necesario que consideremos un abanico mucho más amplio de opciones y resultados de las políticas públicas respecto a lo que comúnmente se analiza. Los determinantes requieren políticas gubernamentales que en muchos casos son diametralmente opuestas a las implementadas según un concepto menos holístico de la ventaja nacional.

Tratar de mantener baja la cotización de la moneda nacional, por ejemplo, parece deseable si el costo de los factores aparece como el determinante dominante de la ventaja nacional pero siempre bajo el falso supuesto de que la tecnología y las innovaciones son factores estáticos. El hecho de apostar a una ventaja que sólo descansa sobre el costo relativo de los factores puede ralentizar la mejora de la competitividad u orientar las mejoras hacia segmentos del mercado menos productivos y más sensibles al precio; el resultado de ello es la pérdida de ventaja competitiva a largo plazo.

Asimismo, las “ayudas” gubernamentales que liberan a las empresas de las presiones que las comprometen a mejorar y perfeccionarse tienen efectos contraproducentes. El gobierno ejerce una importante influencia sobre la ventaja competitiva nacional, aunque su papel es inevitablemente parcial.

La política gubernamental fracasará si sigue siendo la única fuente de ventaja competitiva nacional. Las políticas que llegan a tener éxito lo consiguen en aquellos sectores donde están presentes, y son reforzados por la acción activa del gobierno, los determinantes fundamentales de la ventaja nacional. Así pues, parece que el gobierno puede rebajar o elevar las probabilidades de conseguir ventaja competitiva, pero en cualquier lugar del mundo éste carece de la capacidad de crearla por sí mismo (Porter, 1990, p. 183).

Valiéndonos del enfoque de Porter podemos caracterizar, para finalizar, las etapas de la competitividad según un esquema que relaciona el rol de los determinantes, el gobierno, las fuentes de competitividad y la tecnología. Este esquema permite clasificar una nación respecto a su grado de desarrollo competitivo en base a los sectores y segmentos que son exitosos internacionalmente.

A partir de las características de cada etapa, los países pueden favorecer estrategias de desarrollo desde el mejoramiento de algunas condiciones nacionales claves que determinan el clima y la oportunidad de los negocios y dan lugar a saltos en el sendero de crecimiento (Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía, 2006, p. 22).

Tabla VI.i Etapas de la competitividad

CARACTERISTICAS	ETAPA IMPULSADA POR		
	Factores	Inversión	Innovación
Determinante de la ventaja competitiva	Condiciones de los factores: dotación de recursos preexistente (heredada).	Condiciones de los factores: inversiones de empresas y gobierno que generan factores más especializados.	Todos los determinantes del diamante:
		Mayor rivalidad doméstica: se incorpora presión a las empresas para invertir.	La demanda local es exigente y sofisticada debido a mayores salarios, educación y rivalidad.
			La rivalidad es creciente por el ingreso rápido de empresas, lo cual acelera la innovación.
			Los factores y las industrias de apoyo son altamente especializados y eficientes.
Variable en la que se compite (fuente de competitividad)	Precios: por reducción de costos de factores básicos.	Mix de diseño y precios en mercados relativamente estandarizados.	Procesos de producción y productos exclusivos.
	Los mercados son estándar.		Precios: por avance tecnológico y mayor productividad.

Rol del Estado	Proteger empresas locales contra la competencia extranjera.	Invertir y fomentar inversiones privadas, canalizar capital escaso, promover toma de riesgos, brindar protección temporal a la entrada de rivales domésticos y al logro de escalas eficientes de planta.	Promover condiciones adecuadas a los cuatro determinantes: crear más factores avanzados, preservar la rivalidad doméstica, mejorar la calidad de la demanda interna, estimular nuevos negocios.
Tecnología	Escasa, fácil de adquirir, principalmente por importación o IED.	Importación de tecnología extranjera, mejorada y adaptada luego a las particularidades y requerimientos locales.	Se crea nueva tecnología localmente.
			La innovación sistémica empuja el "estado del arte".

Fuente: Elaboración propia en base a Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía, 2006, p. 23., y Porter, 1990.

Una estrategia para el desarrollo de negocios en el ámbito de la química verde y las biorrefinerías admite estrategias competitivas impulsadas tanto por factores como por inversión e innovación, pero no resultan indistintas ellas de cara a los efectos desarrollo en el territorio. Como se trata de industrias de proceso, en lo que hace al proceso industrial de producción, se caracterizan por demandar bajos volúmenes de mano de obra en relación con los volúmenes de materia prima procesada y capital de trabajo e inversiones involucradas.

Por ende, si se quieren maximizar los efectos desarrollo, los espacios de mayor interés en lo que hace a biorrefinerías, se deben construir políticas que busquen trabajar aguas arriba y aguas abajo de la cadena de valor de las mismas. En lo que compete al presente trabajo, el foco recaé en la innovación respecto del desarrollo de procesos de transformación de la biomasa, y de los equipos necesarios para ello, todo lo cual engloba nichos de alto interés por el tipo de empleo involucrado, a saber, servicios basados en el conocimiento e industrial de alta calificación.

VI.iii Biocombustibles, punto de partida

Los biocombustibles constituyen en la actualidad, fuera de lo que es la elaboración de alimentos y bebidas, el sector industrial que mayor cantidad de biomasa transforma a partir de procesos de origen biológico, procesando para ello enormes cantidades de biomasa y generando a su vez, grandes volúmenes de productos y subproductos. La gran cantidad de alternativas de materias primas para su elaboración, la cantidad de posibilidades de procesos de acondicionamiento y transformación involucrados, y la amplia gama de usos finales, hacen de ellos el punto de partida con mayor potencial para impulsar políticas de desarrollo de biorrefinerías que avancen sobre la química verde.

Al respecto, tal como se ha expuesto en el trabajo, la provincia de Santa Fe es el principal nodo nacional del complejo agroindustrial sojero, contando como tal con una enorme capacidad de almacenaje y procesamiento de la oleaginosa. Esto se pone en evidencia, entre otros elementos, en la existencia de los principales exportadores y productores de aceite de soja y biodiesel del país, en una concentración geográfica única casi a nivel mundial, que produce singulares condiciones para el desarrollo de la cadena.

En la figura VI.ii se esquematizan algunos recorridos de la biomasa a biocombustibles, con los procesos involucrados.

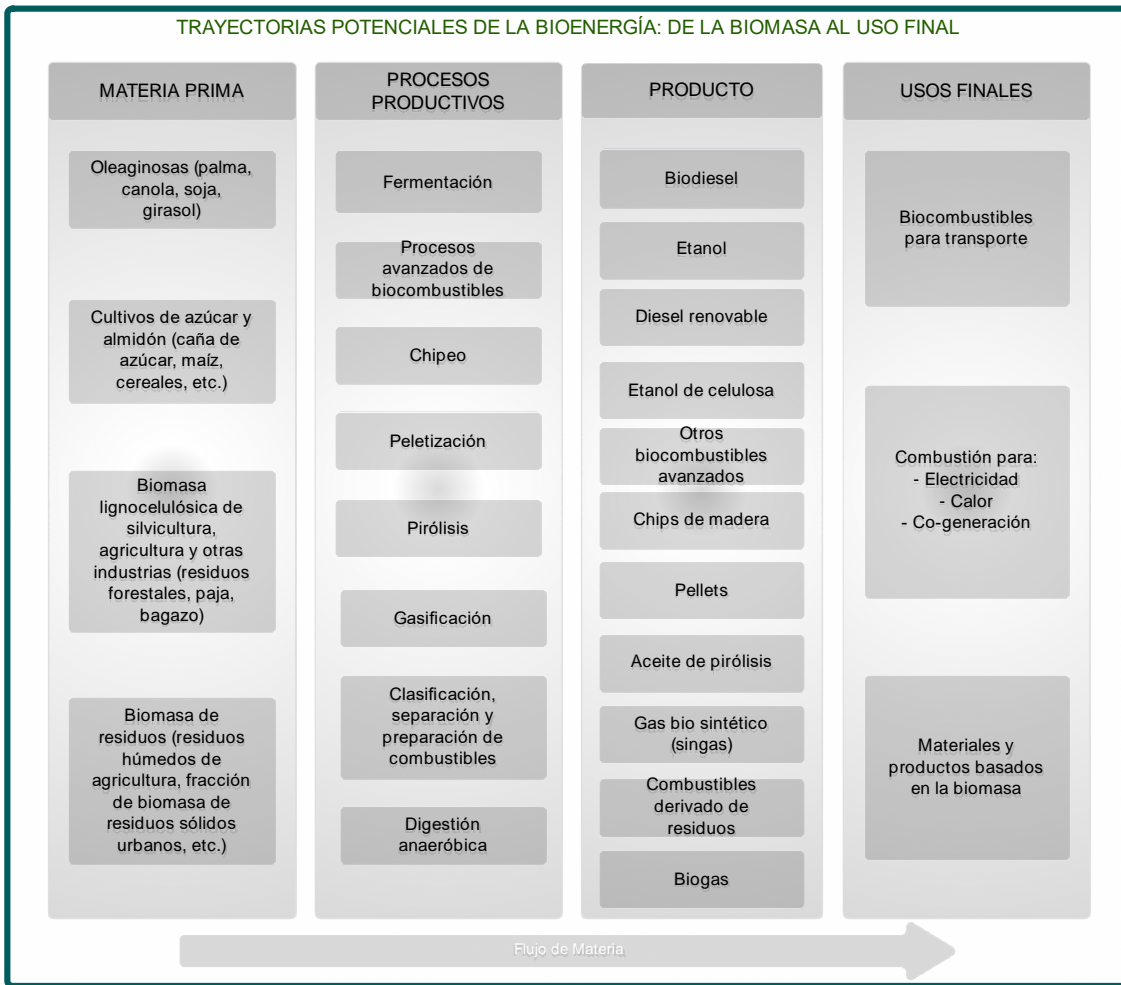


Figura VI.ii. Trayectorias potenciales de la bioenergía de la biomasa al uso final.

Fuente: Elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico

En la figura VI.iii se representa de forma simplificada la cadena de valor de la soja. De la molienda de soja se obtiene aceite y harina o expeller, según sea el tipo de extracción de aceite. Si la misma es por prensado se obtiene aceite y expeller, y si la extracción se realiza por solventes se obtiene aceite y harina. Mediante este último método al poroto de la soja se le extrae más aceite. La presentación de la harina puede ser como harina propiamente dicha o como pellets (que es una de las presentaciones de la harina).

Si la extracción se realiza por solventes se obtiene aproximadamente un 20 % de aceite y un 80 % de harina. Si la extracción se realiza por prensado se obtiene +/- el 12 % de aceite, y el expeller, que como subproducto en su conformación tiene muchísimo más aceite que la harina. La harina de soja tiene entre el 0,5% y el 2% de aceite, mientras que el expeller tiene entre el 5% y 8%

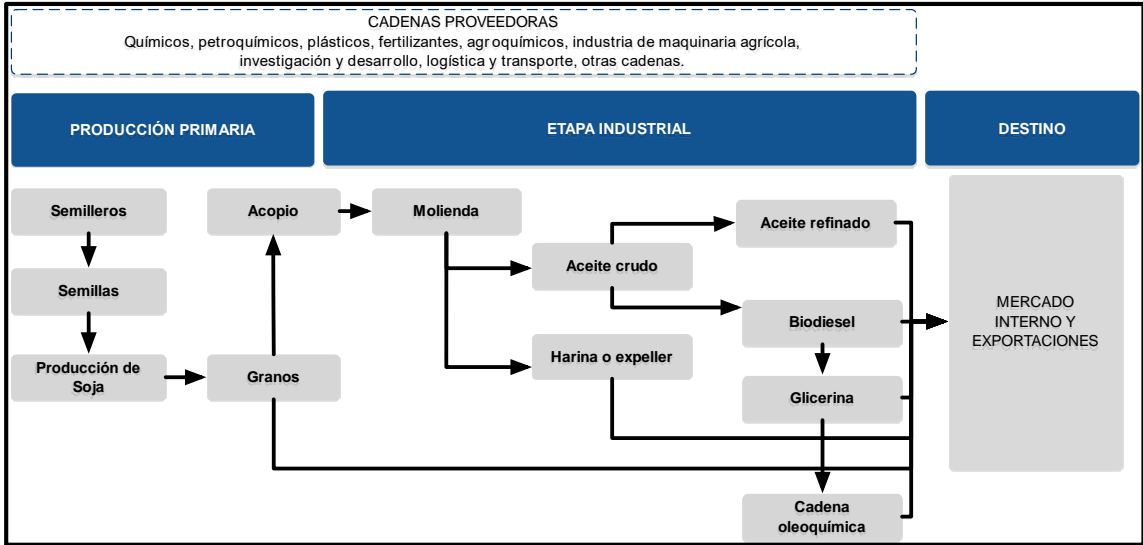


Figura VI.iii Esquema de la cadena de valor de la soja.

Fuente: elaboración propia en base a Informe de cadena de valor, 2017, Ministerio de Hacienda.

El siguiente paso es procesar el aceite de soja con la adición de metanol para elaborar el biodiesel, que deja como subproducto glicerina. Por cada tonelada de soja procesada se obtiene un 0,19 tonelada de aceite, 0,78 tonelada de harina y 0,03 tonelada de desperdicio. Con 1,02 tonelada de aceite de soja y 0,11 tonelada de metanol se obtienen 1 tonelada de biodiesel y 0,1 tonelada de glicerina. O sea que la producción de cada tonelada de biodiesel tiene como contraparte la producción de un 10% de glicerina que se convierte en un producto a comercializar o bien en insumo de otros procesos productivos. La producción de biodiesel entonces, es parte de la cadena de la soja, y en el caso de Argentina, su dinámica se vincula al comercio exterior (exportación a Europa, Estados Unidos, etc.) y la producción para el mercado de corte obligatorio de gasoil, en la actualidad fijado en un 7,5% del volumen de éste que se despachado por surtidor.

VI.iii.i Argentina en el entorno competitivo de la cadena de soja

Como dato de partida, en términos de comercio mundial, para 2019 Argentina representó el 6% de las exportaciones de soja, el 40% de las de harina, el 44% de las de aceite y el 73% de las de biodiesel de soja. O sea, salvo en poroto de soja, somos un actor de importancia en la estructura de la cadena a nivel mundial.

En lo que hace a la capacidad de producción y exportación del país de la cadena de la soja se encuentra determinada por la producción anual de poroto de soja, y por la capacidad instalada de molienda. Tal como se aprecia en la figura VI.iv existe desde el año 1997 (fuera del gráfico) capacidad ociosa de la industria de procesamiento que ronda un 25%, a la vez que se observan todos los años saldos en sistemas de almacenamientos de empresas y en silo bolsa. Esto ha convivido con una expansión continua de la capacidad de molienda, fenómeno que también se registra a nivel mundial, y en particular, en China. Esto permite inferir que, de existir mayor demanda externa de aceite y harina de soja, la misma podría haber sido satisfecha (y ha sido satisfecha) en cada uno de los años de la figura a partir de la capacidad ociosa de molienda y el stock de granos existente.

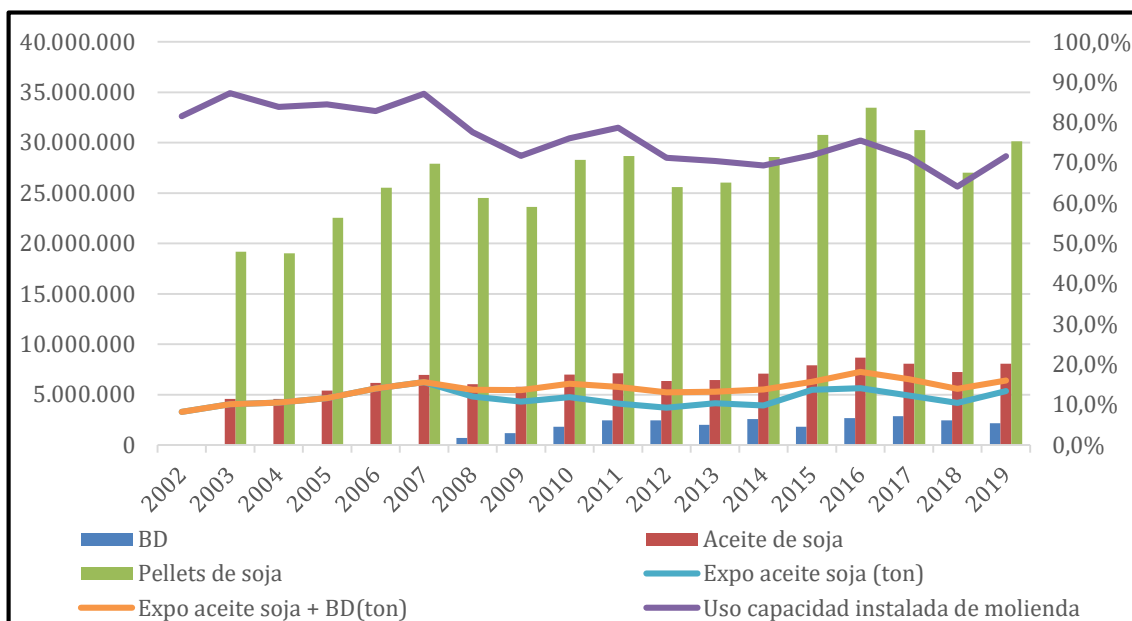


Figura VI.iv Producción de biodiesel, aceite de soja, pellets de soja, exportaciones de aceite de soja, exportaciones de aceite de soja + biodiesel y uso de capacidad instalada de molienda de industria aceitera (en toneladas).

Fuente: elaboración propia en bases de datos de Secretaría de Energía y MAGyP e INDEC.

La figura VI.iv muestra el desempeño del complejo sojero en lo que hace a la producción de derivados de la soja, y la exportación de aceite y biodiesel. Como se aprecia a partir de 2008 una porción del aceite de soja producido se ha dedicado a la producción de biodiesel, el cual ha contado con mercados de exportación todos los años, en tanto que a partir del año 2010 comenzó el corte obligatorio del gasoil con biodiesel, destinándose una parte del aceite a su elaboración.

Es importante recalcar que, la producción de biodiesel no se ha hecho a expensas de la exportación de aceite de soja, sino que se ha hecho -como se observa- sobre la expansión de la producción de aceite de soja en un contexto mundial que ha ampliado también la capacidad de molienda de soja y que ha tendido a primarizar las exportaciones de países productores de materias primas.

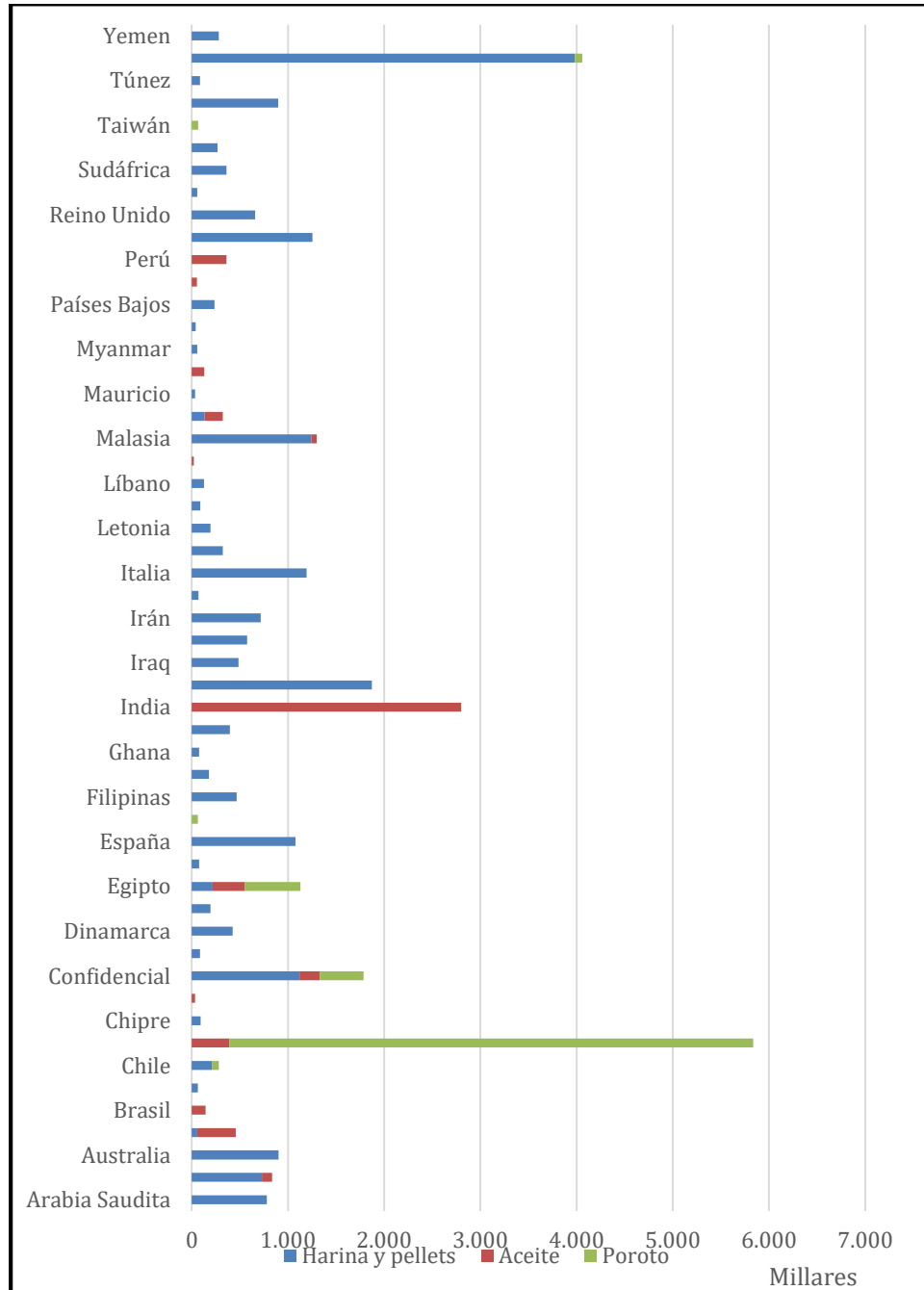


Figura VI.v. Exportaciones del complejo sojero por destino en millones de toneladas por año para 2020 (no incluye diciembre).

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.

Como se puede apreciar en la figura VI.v el producto de exportación del complejo sojero que presenta mayor diversificación es la harina de soja, en tanto que el poroto se exporta en su amplia mayoría a China, y el aceite se explica casi en un 50% por India, aunque presenta una diversificación mayor que el poroto. No está de más recordar que, ante la fuerte primarización de las exportaciones a China, debida a la estrategia del mismo de agregar valor de manera local, y con una presencia en importaciones principalmente de bienes industriales por parte de nuestro país, nos encontramos ante una estructura de comercio bilateral que nos pone en una creciente situación de desventaja y dependencia, lo cual para su mitigación requiere de la diversificación de destinos de nuestras exportaciones a la vez que el mayor agregado de valor posible en trayectorias tecnológicas que permitan abrir el desarrollo de nuevos productos y nichos.

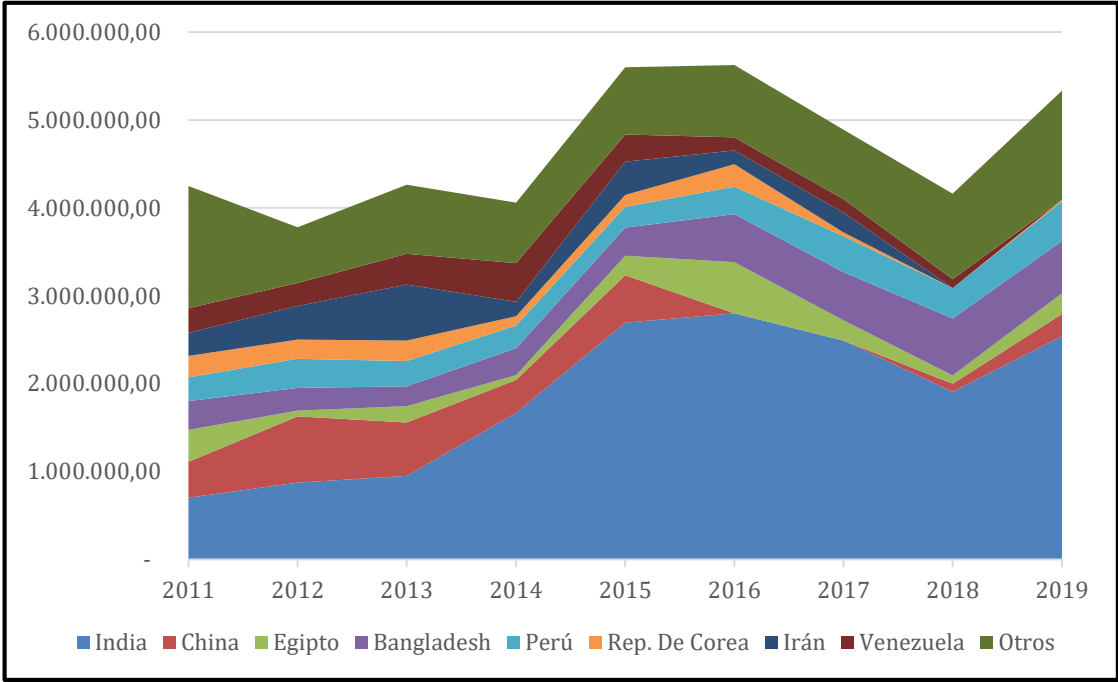


Figura VI.vi Exportaciones de aceite de soja por destino en millones de toneladas por año.

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.

En la figura VI.vi , que muestra el perfil de las exportaciones de aceite de soja en la década pasada, se aprecia con claridad que existe una fuerte dependencia de las compras de India en el mercado de aceite de soja, lo cual se ve reflejado en buena medida en la figura VI.iv al apreciar las fluctuaciones en la producción de aceite de soja que siguen los cambios en la demanda. Esta estructura comercial hace que la expansión en las exportaciones de aceite de soja esté fuertemente condicionada por unos pocos países, en tanto que en la harina de soja se puede apreciar una mayor cartera de países en los que exportar y mayor flexibilidad para colocar excedentes, pues se trata de un producto ampliamente demandado.

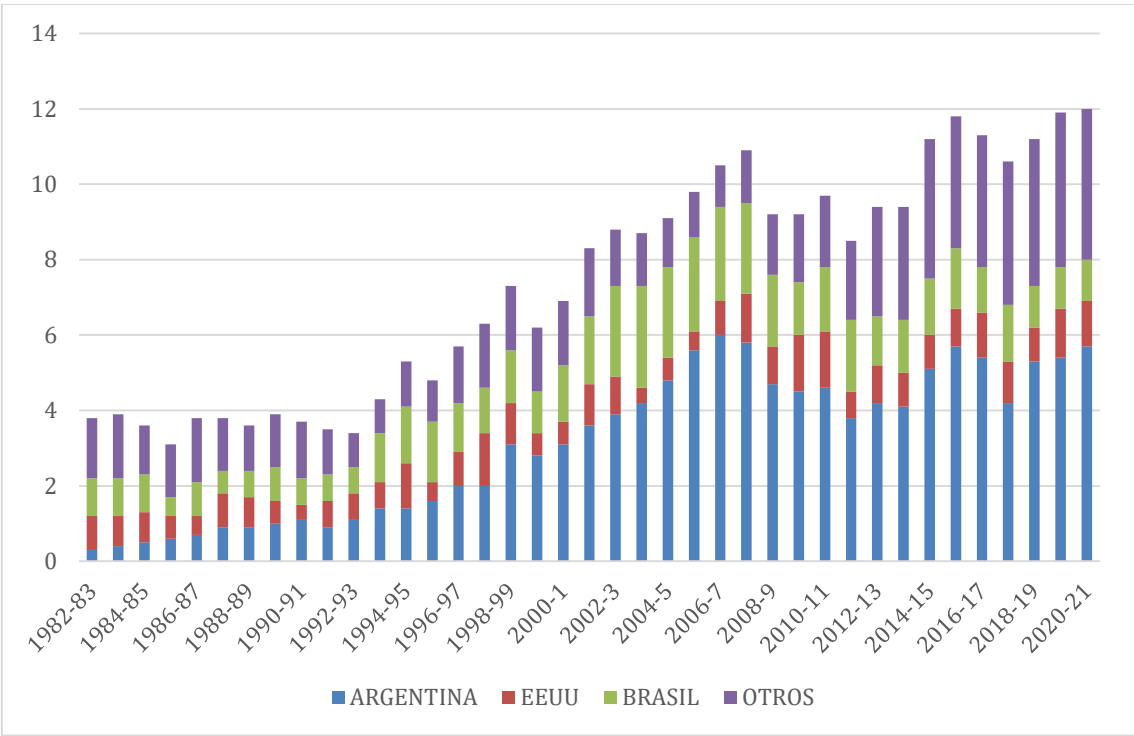


Figura VI.vii. Estructura del mercado mundial de aceite de soja.

Fuente: elaboración propia en base a BCR, 2021.

Observando la figura VI.vii es posible corroborar que, además de contar con una gran concentración, el mercado del aceite de soja responde a la demanda externa de manera directa, y así también, las exportaciones del país. Tales variaciones han sido seguidas por las exportaciones de Argentina en todas las ocasiones -salvo en casos de sequía- como se aprecia en las figuras VI.iv, VI.vi y VI.vii, hecho que es posible por la amplia capacidad de molienda del país, que siempre ha dispuesto de capacidad excedente. Como se aprecia entonces, el aceite de soja resulta un producto mucho menos dúctil para expandir las exportaciones que la harina de soja, a la vez que mucho más riesgoso desde el punto de vista de la alta dependencia de India.

Nuestras exportaciones de poroto de soja a China (figura VI.v) van en contra de la posibilidad de exportar mayores productos elaborados, ya que la cercanía de China a nuestros mercados de aceite y harina de soja, su amplia capacidad de molienda, y su política de industrialización local configuran para el mediano plazo un juego de suma cero para Argentina, elemento que contribuye a la necesidad de repensar la estructura del comercio con dicho país y diversificar lo más posible los destinos de las exportaciones del complejo sojero a la vez que se bajan las exportaciones de productos sin elaborar.

La figura VI.viii contribuye a ilustrar el punto anterior, en tanto que en términos de valor y tonelaje la harina de soja muestra que es el producto que más aporta al comercio exterior del país, por lo cual la evidencia parece indicar que, la disponibilidad de mayor volumen de harina de soja para exportación, derivada del uso local de biodiesel, aporta a diversificar los destinos de exportación del país, disminuyendo la vulnerabilidad externa, y permitiendo el desarrollo local de industrias que agregan valor, generan impuestos y empleo, y evitan el gasto de divisas en la importación de combustibles.

Si bien la difusión masiva de los biocombustibles es relativamente reciente, no lo es su existencia. Por otro lado, desde el punto de vista del sector de refinados, el país tiene un déficit estructural de capacidad de refino en relación con la demanda interna, mucho más cuantioso en gasoil que en nafta.

Respecto de esto último, la aparición de los biocombustibles, cuya producción se asienta en cadenas de valor regionales, supone en términos de balance energético, una ampliación de la producción primaria (aceites y alcoholes) y secundaria (bioetanol anhidro y biodiesel) de energía, lo cual apuntala la balanza de pagos al requerir menos divisas para importaciones. Asimismo, desde el punto de vista de la descarbonización y la transición energética, la rápida difusión del uso de biocombustibles mediante la política de corte obligatorio ha supuesto un gran aporte a la descarbonización del transporte en el país, y la insinuación de un sendero posible en la transición energética en el transporte.

Entonces, a pesar de lo complejo, trataremos de hacer un balance entre la producción local de biodiesel y la sustitución de importaciones de gasoil con un ejercicio para pensar el rol del sector en la macroeconomía del país. En primer lugar, hay que señalar que no es posible hacer un balance directo porque la sustitución no es lineal, y las alternativas de escenarios para pensar los impactos son múltiples.

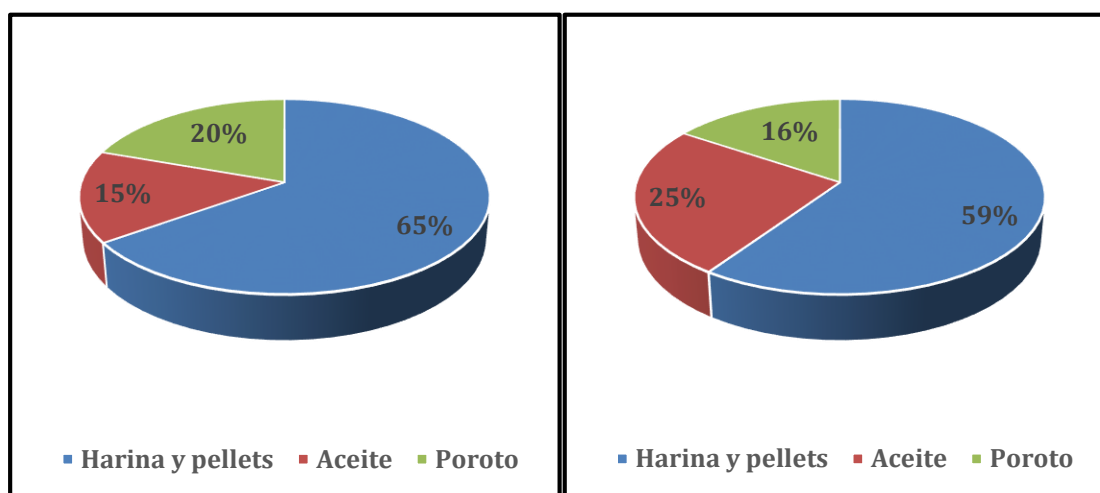


Figura VI.viii Exportaciones porcentuales del complejo sojero para 2020 en toneladas (izquierda) y VALOR FOB (derecha) (no incluye diciembre).

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.

Ello porque si se deja de hacer biodiesel para mercado interno, al demandarse internamente menos soja para aceite es posible que se exporte más aceite de soja, pero también es factible la explicación de que, se muele menos y se exporte más grano, o que, al desaparecer la demanda interna de aceite, se pierdan destinos de exportación de harina de soja, ya que el mercado de exportaciones de biodiesel es inelástico con tendencia a contraerse¹⁵, y la demanda externa de aceite

¹⁵ Las exportaciones de biodiesel de Argentina han tenido que enfrentar en reiteradas oportunidades la imposición de medidas parancelarias y de dumping por parte de Europa y EE.UU.

de soja no es posible de regular por parte de nuestro país.

En todo caso la evidencia disponible apunta a que la mayor demanda interna de aceite de soja para biodiesel ha desarrollado mayor oferta de soja y capacidad de molienda (la figura VI.iv), más allá de que en los momentos iniciales del boom de las *commodities* de la primera década del siglo XXI la demanda de soja haya traccionado los primeros pasos. A modo de resumen entonces, la demanda interna de biodiesel parece ser tractor de expansión de la capacidad de moliendo y demanda de soja (acoplándose a la demanda internacional), lo cual ha redundado en una expansión del mercado interno y en mayores exportaciones de harina de soja, producto en el cual tenemos mayor margen de maniobra en el mercado externo.

Respecto del gasoil, como se observa en la figura VI.ix, en el periodo 2010-2020 las importaciones de gasoil han requerido una salida de divisas de 24.405 millones de dólares. Si se computa la producción de biodiesel para mercado interno en toneladas equivalentes de gasoil, se observa que la producción local de biodiesel ha supuesto un ahorro de divisas por 6.451 millones de U\$S para el periodo 2010-2020, a la vez que se puede suponer de manera razonable, que han contribuido a diversificar el perfil exportador del país (harina de soja), aumentar el volumen de exportación por el incremento de capacidad de molienda y de demanda de soja que han representado, y generar valor y empleo en origen, contribuyendo a un sector energético mucho más federal.

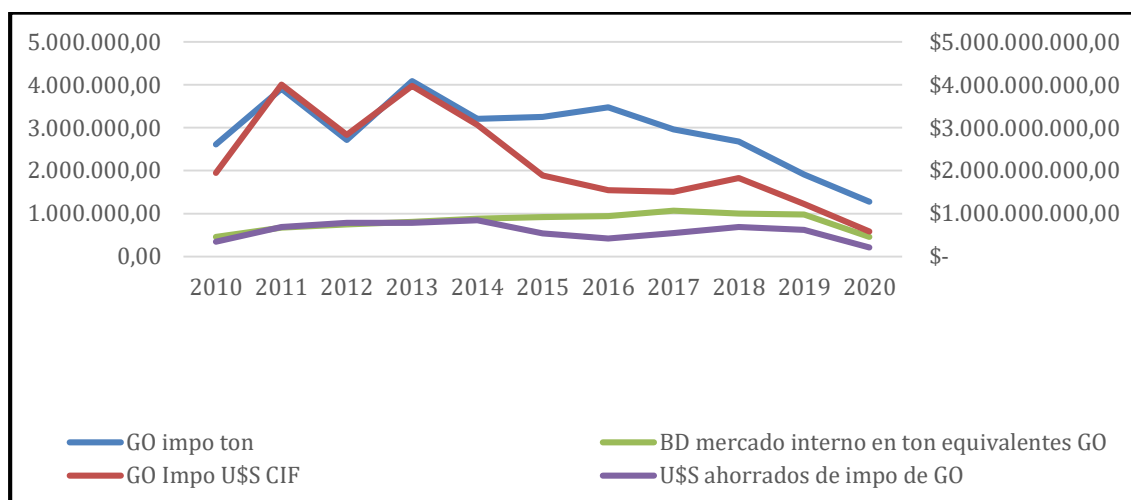


Figura VI.ix. Importaciones de gasoil en TON (izquierda) y VALOR CIF (derecha) producción de bd para mercado interno en TON (izquierda) y divisas ahorradas en la importación de gasoil (derecha).

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.

Para poner los datos en contextos, baste decir que, el gasoil importado en 2020 implicó U\$S 1.275 millones, y esto representan el 24% de las pérdidas netas de reservas del Banco Central del año, que fueron U\$S 5.300 millones. Como se comprenderá rápidamente, la sustitución de las importaciones de gasoil representa para el país un más que interesante aporte a la mitigación de la restricción externa. Como se discutirá más adelante, la clave reside en desarrollar mecanismos para restar volatilidad a los insumos del biodiesel, minimizar el traslado de precios de la soja al surtidor, y desarrollar nichos de exportación indirecta, es decir, regímenes especiales para sectores productivos que provean a mercados externos.

Si a todos estos elementos se añaden los beneficios ambientales del reemplazo del gasoil por biodiesel, tales como la baja de emisiones y la reducción drástica de particulados, sumamente dañinos para la salud, se puede apreciar que existe un campo de grandes oportunidades para desplegar una política de mayor alcance en el uso de biodiesel. Sobre todo, teniendo en cuenta que el mismo puede utilizar las infraestructuras existentes, permitiendo una aceleración de transición mientras se consolidan otras soluciones.

VI.iii.ii Argentina en el entorno competitivo de la cadena oleoquímica

El uso de biodiesel como combustible aparece como elemento potenciador de la macroeconomía del país y de su seguridad energética, permitiendo potenciar la industrialización de productos primarios a la vez que diversificar y fortalecer la estructura del comercio exterior del país. Por lo cual, un avance en el agregado de valor de los subproductos de su producción parece tener un sustento de largo plazo más allá de las problemáticas de corto plazo derivadas de las restricciones macro del país que afectan el mercado de biodiesel.

Asimismo, en la perspectiva de los biocombustibles en general, aparecen amplios potenciales de complementación con la actual y futura realidad del parque refinador del país, con lo cual su uso cuenta con sólidos fundamentos macro y en el sistema energético. En todo caso, se trata más de una cuestión de alineamiento de políticas e incentivos que una cuestión de conveniencia macro del país.

A raíz de ello, el avance en el aprovechamiento en cascada de los subproductos del proceso productivo presenta una vía para seguir avanzando en el desarrollo de las biorrefinerías y las capacidades implicadas en su desarrollo, construcción, operación y mantenimiento, ya que se trata de un espacio en pleno desarrollo. Así, las oportunidades de negocios asociadas a la química verde, eslabón fundamental de la descarbonización para la industria química, ofrecen un espacio de gran amplitud para impulsar nuevos desarrollos.

En términos mundiales, la creciente demanda de biocombustibles de nueva generación, tales como el diesel verde o renovable o los combustibles sustentables de aviación, y el incipiente pero creciente mercado de productos químicos verdes, bajos en emisiones y de base biológica, marcan una firme tendencia hacia el desarrollo de mercados mundiales para productos producidos en biorrefinerías. Asimismo, esta demanda y el proceso de transición energética, crean la necesidad y el clima de innovaciones permanentes en productos y procesos que sean la base de nuevos aprovechamientos para la biomasa. Esta tendencia coloca al futuro desarrollo del sector de biorrefinerías, dentro de un segmento de alto valor agregado, pero también de gran intensidad en conocimiento.

En tal sentido, y teniendo en cuenta el fuerte recorrido del país en temáticas de lo que hoy se denomina bioeconomía, se cuenta con un punto de partida competitivo más que interesante para avanzar en eslabones de la cadena más intensivos en conocimiento y de mayor valor agregado. El desarrollo de la biotecnología en el país muestra ese sendero, aunque se puede apreciar en ella que existe ausencia de eslabones vitales para capturar mayores niveles de empleo y valor de forma local, tales como el diseño y construcción de los bienes de capital industriales asociados a los procesos, que constituyen buena parte del secreto industrial y la competitividad de dichos sectores.

A continuación, sobre la base de los conceptos de competitividad antes vertidos, se realiza un breve recorrido por la situación competitiva visualizada de cara al desarrollo futuro de la cadena oleoquímica en la provincia.

Estrategia estructura y rivalidad de las empresas

Dentro del segmento de biodiesel el universo se divide entre las empresas integradas, o sea que cubren todos los eslabones de la cadena (acopio de granos, procesamiento, elaboración de biodiesel, exportación de todos los productos), y la son integradas, aquellas empresas que dependen de un productor de aceite para elaborar su producto. Respecto de las primeras, en tanto desarrolladoras algunas de tecnología t/o tomadoras otras, pero todas con amplio manejo de comercio exterior, poseen ventaja a la hora de identificar opciones, tendencias y/o mercados emergentes.

Respecto de las segundas, limitadas en el margen de juego de su negocio por la necesidad de comprar insumos a las primeras, tienen limitaciones a la hora de competir si lo han de hacer en mercados que participan las integradas, por ende, su estrategia competitiva se ve acotada a nichos, mercados emergentes o la asociación con otros jugadores de mayor porte y/o usuarios finales de los productos

a desarrollar.

En lo que hace al mercado de biodiesel se trata de mercados diferenciados para las empresas, ya que las integradas no pueden vender al mercado de corte obligatorio, con lo cual exportan, en tanto que las no integradas ven dificultadas sus posibilidades de exportación, que implicaría que compitan con las empresas integradas que le deben suministrar el insumo, el aceite de soja. Así entonces, esta situación crea asimetrías e incentivos que configuran un mercado muy competitivo desde el punto de vista del avance hacia nuevos segmentos de negocios en mercados no regulados, pero que permite estrategias competitivas diferenciadas.

En todo caso, buena parte de la rivalidad pasará a ubicarse en el futuro por la búsqueda de mercados y/o asociaciones estratégicas con usuarios finales de derivados, a la vez que la diferenciación de los productos en cuanto segmentaciones específicas que permitan mayor captura de valor. En el próximo apartado se señalan los principales usos la glicerina, que sirven como una buena aproximación al universo de potenciales asociaciones estratégicas de cara al futuro desarrollo del sector.

Condiciones de los factores

El análisis de los recursos biomásicos y de los complejos productivos de la provincia han mostrado un panorama más que promisorio respecto de dotación de factores y potenciales insumos para el desarrollo de la bioeconomía en general y las biorrefinerías en particular. Asimismo, la situación geográfica de la provincia en cuanto a distancia de salida a mercados mundiales configura una situación muy ventajosa.

La singularidad del complejo sojero de la provincia de Santa Fe ofrece características que han favorecido el logro de economías de escala, tanto por la disponibilidad de altos volúmenes de materias primas, como por la capacidad de procesamiento y la logística que entrelaza la producción primaria con el complejo agroindustrial y los mercados exteriores. Se trata, en suma, de un conjunto de ventajas comparativas dinámicas que pueden transformarse en ventajas competitivas sobre la base del stock de capacidades industriales, tecnológicas y científicas de la provincia.

Desde el punto de vista del capital humano, la provincia cuenta con un largo recorrido plasmado en capacidades científicas y tecnológicas que se ubican en universidades, institutos de investigación y desarrollo, y en empresas, con una más

que interesante densidad en empresas de bienes de capital dedicadas a desarrollo de proyectos con alta intensidad en ingeniería. Esto último requiere de cierto ejercicio de vinculación no sólo con stock de conocimiento existente, sino el desarrollo específico del mismo, lo cual se resuelve en departamentos de ingeniería con fuertes vinculaciones con el sistema científico tecnológico.

Por otro lado, la existencia de una larga tradición en actores gremiales empresario y cooperativos con activo involucramiento en agendas de desarrollo local, constituye una fortaleza desde el punto de vista de la construcción, coordinación y ejecución de agendas de desarrollo tecnológico. Asimismo, en derredor de la Bolsa de Cereales de Rosario, se concentran importantes capacidades en lo que hace al desarrollo y manejo de herramientas de comercialización y financieras para mercados de materias primas, elaborados, etc.

En resumen, se puede afirmar que existe una considerable aglutinación de factores que inclinan a asumir que se cuenta con una masa crítica suficiente como para impulsar un proceso de desarrollo en el campo de biorrefinerías que devenga en un proceso autosustentable.

Condiciones de la demanda

El proceso de transición energética a nivel mundial demanda de múltiples soluciones a la hora de resolver la baja de emisiones en el segmento de transporte, donde los biocombustibles encuentran su mayor desarrollo, en concreto, en casos como el combustible de aviación o ferrocarriles, los mismos ofrecen una rápida solución hasta tanto se desarrollen y consoliden otras alternativas más lejanas. Así entonces, todas las proyecciones coinciden, que los mismos tendrán una sostenida y creciente demanda en las décadas venideras, dando un importante horizonte para su desarrollo y mayor despliegue.

Por otro lado, la búsqueda de diversos sustitutos para los derivados del petróleo en la industria química, búsqueda que se ve espoleada por potenciales beneficios derivados del premio en ciertos mercados a productos bajos en carbono, o en la posibilidad de acceder a ciertos mercados de otro modo vedados, ofrece un horizonte de posibilidades en constante expansión para productos elaborados a partir de una química verde. Así entonces, el proceso de aparición de nichos de mejores precios a la vez que la erección de nuevos estándares de emisiones, conforman de manera progresiva una demanda incremental y de fondo para el despliegue de la química verde.

Al respecto, las mayores oportunidades aparecen en mercados de exportación, tanto para productos como para desarrollos, procesos y equipos, pero es cuestión de tiempo que otros productos de exportación que incorporan productos químicos en su elaboración, deban emprender el camino de la descarbonización para garantizar sus mercados, desarrollando, por ende, mercados locales para los mismos.

Sectores conexos y de apoyo

Tal como se ha señalado en capítulos precedentes, la provincia cuenta con una amplia infraestructura de soporte para el desarrollo tecnológico y la producción que se evidencia en diversas unidades de instituciones como INTA e INTI, y de institutos constituidos entre estos, universidades y empresas y cámaras empresarias. Asimismo, y desde el punto de vista de la existencia de capacidades en otras cadenas de valor, existen, por ejemplo, gran cantidad de proveedores de las industrias hidrocarburíferas, química y petroquímica, que con una adecuada política de aprovechamiento de ventajas dinámicas, constituyen un acervo de importancia para la provincia.

Finalmente cabe señalar que el Estado provincia ha jugado un rol de relevancia para el desarrollo de los sectores de energías limpias y otros sectores disruptivos, por lo cual es de esperar que tenga un rol en el impulso del nuevo sector a partir del aprovechamiento de capacidades existentes, tanto en políticas como en instituciones, como la empresa provincia de energía y la participación de la provincia en diversas instancias de fomento y desarrollo económico.

VI.iv La Oleoquímica

Dentro de las alternativas a la química verde se encuentran las rutas relacionadas con la producción de biocombustibles, de las cuales en Argentina ha tenido desarrollo por el lado de los alcoholes, con el bioetanol, y del lado de los aceites, con el biodiesel basado en aceite de soja. Respecto de ellos, la producción que ofrece de manera inmediata derivados para avanzar en la cadena de agregado de valor es la del biodiesel, donde a partir del glicerol, es posible desarrollar otros productos, sobre la base de procesos de transformación dentro del campo de la oleoquímica.

Recordemos que de la producción de biodiesel queda como un derivado el

glicerol, en una proporción de 1 a 10 en relación al biodiesel, y teniendo en cuenta la amplia producción de biodiesel en el país, concentrada de manera fundamental en la provincia de Santa Fe, resulta lógico avanzar con este producto en el desarrollo de mayores agregados de valor, sobre todo teniendo en cuenta que, a medida que aumenta la producción de biodiesel a escala mundial, mayor disponibilidad de glicerina existe, y por ende, menor es su precio.

VI.iv.i Glicerol: propiedades y producción

Propiedades

El glicerol (1,2,3-propanotriol) es un líquido viscoso, incoloro e inodoro con un sabor dulce, derivado de materias primas tanto naturales como petroquímicas. Su nombre deriva de la palabra griega glykys (dulce) y tiende a usarse indistintamente en la literatura y comercialmente con el término glicerina. El glicerol crudo tiene una pureza del 70% al 80% y, a menudo, se concentra y purifica antes de la venta comercial hasta una pureza del 95,5% al 99%.

El glicerol es una de las sustancias químicas más versátiles y valiosas conocidas por el hombre. En la era moderna, fue identificado en 1779 por el químico sueco Carl W. Scheele, quien descubrió un nuevo líquido transparente y almibarado al calentar aceite de oliva con litargirio (PbO, utilizado en esmaltes de plomo sobre cerámica). Es completamente soluble en agua y alcoholes, es ligeramente soluble en muchos solventes comunes como el éter y el dioxano, pero es insoluble en hidrocarburos.

En estado anhidro y puro, el glicerol tiene una densidad de 1,261 g/cm³, un punto de fusión de 18,2° C y un punto de ebullición de 290° C, en condiciones normales de presión atmosférica. A bajas temperaturas, el glicerol puede formar cristales que se funden a 17,9° C.

En general, posee una combinación única de propiedades físicas y químicas que se utilizan en muchos miles de productos comerciales. De hecho, el glicerol tiene más de 1500 usos finales conocidos, incluidas aplicaciones como ingrediente o coadyuvante de procesamiento en cosméticos, artículos de tocador, productos para el cuidado personal, formulaciones farmacéuticas y comestibles. Además, el glicerol es muy estable en condiciones normales de almacenamiento, compatible con muchos otros materiales químicos, virtualmente no irritante en sus diversos usos y no posee efectos ambientales negativos conocidos.

Aplicaciones comerciales tradicionales

Las aplicaciones tradicionales del glicerol, ya sea directamente como aditivo o como materia prima, van desde su uso como aditivo para alimentos, tabaco y medicamentos hasta la síntesis de trinitroglicerina, resinas alquídicas y poliuretanos (Figura VI.x). Actualmente, la cantidad de glicerol que se destina anualmente a aplicaciones técnicas es de alrededor de 160.000 toneladas y se espera que crezca a una tasa anual del 2,8%.

Los fármacos, pastas de dientes y cosméticos concentran cerca del 28% del mercado del glicerol, el tabaco un 15%, los alimentos el 13% y la fabricación de uretanos un 11%, siendo el resto utilizado en la fabricación de lacas, barnices, tintas, adhesivos, plásticos sintéticos, celulosa regenerada, explosivos y otros usos industriales diversos. El glicerol también se utiliza cada vez más como sustituto del propilenglicol.

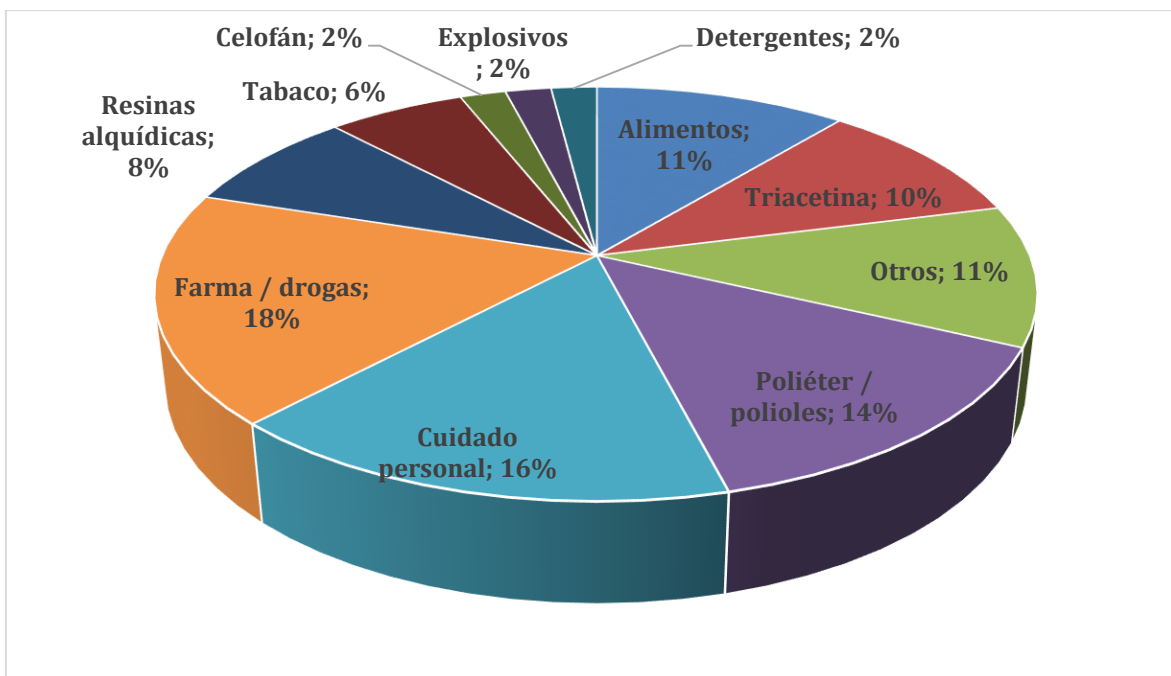


Figura VI.x. Mercado mundial de glicerol (volúmenes y uso industrial).

Fuente: Navaoñ, May, 2002.

Como una de las principales materias primas para la fabricación de polioles para espumas flexibles y, en menor medida, espumas rígidas de poliuretano, el glicerol es el iniciador al que se añade óxido de propileno y óxido de etileno. El glicerol se usa ampliamente en resinas alquídicas y celulosa regenerada como suavizante y plastificante que brinda flexibilidad, maleabilidad y dureza en revestimientos de superficies y pinturas.

La función principal del glicerol es, en muchos casos, como humectante o sustancia para retener la humedad y, a su vez, otorgar suavidad. El glicerol extrae agua de su entorno y, debido a esta propiedad, es agregado a los adhesivos y colas para evitar que se sequen demasiado rápido. A su vez, muchos problemas de lubricación particulares se han resuelto utilizando glicerol o mezclas de glicerol.

Miles de toneladas de glicerol se utilizan cada año para plastificar una variedad de materiales como láminas y juntas. La flexibilidad y tenacidad de las películas de celulosa regenerada, las tripas cárnicas y los papeles especiales de alta calidad se pueden atribuir a la presencia de glicerol. También actúa como disolvente, edulcorante y conservante en alimentos y bebidas, y como portador y emoliente en cosméticos. La efectividad del glicerol como plastificante y lubricante le da una amplia aplicabilidad, particularmente en el procesamiento de alimentos, ya que no es tóxico.

El glicerol también se usa en la fabricación de resinas alquídicas para brindar flexibilidad, las cuales se utilizan como aglutinantes en productos como pinturas y tintas. También se utiliza glicerol en lubricantes especiales que requieren estabilidad a la oxidación, por ejemplo, en el caso de los compresores de aire. En todas las aplicaciones, ya sea como reactivo o como aditivo, la no toxicidad y la seguridad general del glicerol es un beneficio significativo.

Debido a la rápida caída de su precio, el glicerol está sustituyendo rápidamente a otros polioles que se utilizan a gran escala como edulcorantes sin azúcar. Los polioles se utilizan principalmente en confitería, alimentos, cuidado bucal, farmacéuticas y aplicaciones industriales. Algunas características de los polioles son las bajas calorías, dulzor agradable, capacidad de retener la humedad y procesamiento mejorado. Los polioles más utilizados son sorbitol, manitol y maltitol. Inclusive, el sorbitol enfrenta una dura competencia particularmente del glicerol.

El glicerol contiene aproximadamente 27 calorías por cucharadita y alcanza en un 60% la dulzura de sacarosa; además tiene aproximadamente la misma energía alimentaria que el azúcar de mesa. Sin embargo, el glicerol no eleva los niveles de azúcar en la sangre, ni alimenta las bacterias que causan la placa y las caries dentales.

El glicerol se utiliza en preparaciones médicas y farmacéuticas, principalmente como medio para mejorar la suavidad, proporcionando lubricación y como humectante, es decir, como una sustancia higroscópica que mantiene la preparación húmeda. El glicerol ayuda a mantener la textura y agrega humectación, controla la actividad del agua y prolonga la vida útil en una gran cantidad de aplicaciones. También es muy utilizado como laxante y, basándose en el mismo efecto hiperosmótico inducido, en jarabes para la tos (elixires) y expectorantes.

En los productos de cuidado personal, el glicerol sirve como emoliente, humectante, disolvente y lubricante en una enorme variedad de productos, incluida la pasta de dientes, donde su buena solubilidad y sabor le dan ventaja sobre el sorbitol. Se estima que las pastas dentales representan casi un tercio del mercado de cuidado personal para el glicerol. Las aplicaciones relacionadas incluyen enjuagues bucales, productos para el cuidado de la piel, cremas de afeitar, productos para el cuidado del cabello y jabones.

Actualmente, el mercado del glicerol está experimentando cambios radicales, impulsado por grandes suministros de glicerol derivados de la producción de biodiésel. Los investigadores y la industria han estado buscando nuevos usos para la glicerina para reemplazar a los productos petroquímicos como fuente de materias primas químicas, y relativamente en pocos años ha habido una serie impresionante de logros.

Después del período sostenido de aumento de los precios del petróleo en la década de 2000, el glicerol se está consolidando en la actualidad como una plataforma importante para la producción de productos químicos y combustibles.

Producción

El glicerol natural se obtiene hidrolíticamente de grasas y aceites durante la fabricación de jabones y ácidos grasos, y por transesterificación (un intercambio de grupos de ácidos grasos con otro alcohol) durante la producción de combustible biodiesel. Por lo tanto, no sorprende que en contexto energético actual el glicerol se haya convertido en un tema candente en la industria en general.

En cierto sentido, el glicerol ya era una prioridad de defensa nacional en los días que precedieron a la Segunda Guerra Mundial, ya que el suministro de glicerol procedente de la fabricación de jabón era en gran medida insuficiente para satisfacer la demanda de nitroglicerina durante la guerra.

Históricamente, el glicerol se ha producido a partir de la epíclorhidrina obtenida del propileno y, por tanto, de hidrocarburos. Hoy, sin embargo, las plantas de glicerol de este tipo están cerrando y siendo reemplazadas por plantas que utilizan el glicerol como materia prima, incluso para la producción de la propia epíclorhidrina. Este es el resultado del gran excedente de glicerol creado como subproducto en la producción de biodiésel por transesterificación de aceites de semillas con metanol usando KOH como catalizador base, o esterificación discontinua de ácidos grasos catalizada por ácido sulfúrico.

En el proceso tradicional, el biodiésel se produce mediante una reacción de transesterificación entre aceite vegetal y metanol, catalizada por KOH. Los aceites de colza, de soja y de palma tienen las características fisicoquímicas más adecuadas para su transformación en biodiésel. El aceite de mesa vegetal crudo se refina primero mediante desgomado (eliminación de lecitinas y fósforo) y desacidificación (eliminación de ácidos grasos libres). Los ácidos grasos constituyen alrededor del 2% del producto original y, tras la destilación, se recuperan y venden como subproductos.

El producto resultante, una mezcla de biodiésel y agua, se seca al vacío y se almacena en espera de las pruebas analíticas. Los parámetros fundamentales de análisis son el contenido de ésteres (mínimo 96,5%) y el contenido de glicerol libre (máximo 200 ppm).

La corriente secundaria de glicerol normalmente contiene una mezcla de glicerol, metanol, agua, sales inorgánicas (residuos de catalizador), ácidos grasos libres, mono, di y triglicéridos sin reaccionar, ésteres metílicos y una variedad de "materia orgánica no glicerina" (MONG) en proporciones variables.

El metanol normalmente se extrae de esta corriente y se reutiliza, dejando glicerol crudo después de la neutralización. En su estado crudo, el glicerol crudo tiene un alto contenido de sal y ácidos grasos libres y un color sustancial (de amarillo a marrón oscuro). En consecuencia, el glicerol crudo tiene pocos usos directos y su valor como combustible también es marginal. Una solución económica para la purificación de corrientes de glicerol crudo combina la electrodiálisis y la nanofiltración, proporcionando un líquido incoloro con bajo contenido de sal, equivalente a la pureza de grado técnico.

En general, los procesos tradicionales de producción de biodiesel tienen varias desventajas, incluyendo la formación de jabón (a partir del catalizador KOH); uso excesivo de alcohol (para cambiar el equilibrio a los ésteres grasos) que debe separarse y reciclarse; catalizadores homogéneos que requieren neutralización provocando flujos de desechos de sal; la costosa separación de los productos de la mezcla de reacción; y costos de inversión y operación relativamente altos.

En 2005 el Institut Français du Pétrole (IFP) dio a conocer un nuevo proceso de biodiesel llamado Esterif. Empezando desde triglicéridos, el paso de transesterificación se realizó utilizando un catalizador sólido, una mezcla de óxido de Zn-Al. El proceso funciona a mayor temperatura y presión que el método homogéneo y utiliza un exceso de metanol, que se vaporiza y recicla. Tiene dos reactores y dos separadores, necesarios para cambiar el equilibrio de metanolisis. En cada etapa el exceso de metanol se elimina por evaporación parcial y los ésteres y el glicerol se separan en un decantador.

Una segunda alternativa, desarrollada por la empresa holandesa Yellowdiesel en 2006, es especialmente adecuada para materias primas mixtas con alto contenido de ácidos grasos libres (FFA), como las que se utilizan para el aceite de cocina y las grasas de baja calidad. El proceso combina la reacción y la separación en un solo paso, usando destilación reactiva (también conocida como destilación catalítica). Esto intensifica la transferencia de masa, permite la integración de energía in situ, reduce los costos de equipo y simplifica el flujo y la operación del proceso. Además, el equilibrio termodinámico de la reacción se puede cambiar controlando el equilibrio líquido-vapor en la columna.

Mercado

El mercado de la glicerina se estima en alrededor de 4 millones de toneladas métricas en 2020, y se prevé que el mercado registre un crecimiento de más del 6% durante el período 2021-2026.

Las principales aplicaciones de la glicerina son las farmacéuticas, de cuidado personal y cosméticas. La pandemia de COVID-19 ha alterado la industria de la belleza. Como resultado de meses de cierres de consumo, prohibiciones de viajes internacionales y cierres de negocios minoristas, las ventas, las compras y el uso disminuyeron en muchos segmentos de belleza. Sin embargo, la demanda de glicerina ha aumentado para las industrias de usuarios finales, como la farmacéutica y la de cuidado personal durante el COVID-19, debido a su mayor uso en desinfectantes para manos, jabones, jabones para manos y detergentes.

A corto plazo, uno de los factores clave que impulsan el crecimiento del mercado es la fuerte demanda de la industria farmacéutica.

Además, a mediano plazo, también se espera que el aumento del uso en las industrias de cuidado personal y cosméticos impulse el mercado estudiado.

Por otro lado, la mayoría de los fabricantes de glicerina refinada están optando por sustitutos alternativos de la glicerina en varias industrias de usuarios finales, y es probable que esto afecte el crecimiento del mercado. Algunos de los sustitutos incluyen dietilenglicol, ceramidas, aceites, mantequilla, etc.

Si bien Europa representan un mercado de importancia, las tendencias inclinan la demanda hacia Asia Pacífico.

Asia-Pacífico representó la mayor parte del mercado mundial de glicerina, debido a países emergentes como China, India y Japón.

China es uno de los mayores consumidores de glicerina. La cosmética y el cuidado personal es uno de los sectores de mayor crecimiento en el país. Cubriendo una amplia variedad de industrias, como maquillaje, cuidado de la piel, cuidado del cabello, higiene personal, fragancias, etc., el mercado chino de cosméticos y cuidado personal experimentó un crecimiento positivo.

La industria cosmética en China ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, impulsada por la creciente demanda de productos de primera calidad y el aumento del número de mujeres trabajadoras y la mejora general de los ingresos. El mercado general se ha expandido más de un 150 % entre 2012 y 2020. El valor de las ventas minoristas de cosméticos en China aumentó a USD 52 300 millones en 2020, lo que lo convierte en el segundo mercado de productos de belleza y cuidado personal más grande del mundo.

Se espera que la industria de procesamiento de alimentos se expanda a un ritmo lucrativo en el mercado chino de glicerina. El país tiene más de 35.000 plantas de procesamiento y fabricación que producen productos alimenticios para los residentes del país.

China también tiene el segundo mercado más grande del mundo para productos farmacéuticos y es el mercado emergente más rápido para el sector. El país tiene una industria farmacéutica nacional grande y diversa, que comprende alrededor de 5.000 fabricantes, muchos de los cuales son pequeños o medianos, y basan sus negocios en genéricos, ingredientes farmacéuticos activos (API) o medicina tradicional china.

En India, las iniciativas gubernamentales, como la Misión Swachh Bharat, promueven la salud y la higiene. Tales iniciativas, junto con el uso creciente de jabones y detergentes, han llevado al crecimiento de la industria de fabricación de jabones, lo que está impulsando aún más la demanda de glicerina en el país.

Además, con el aumento de la demanda de jabones y detergentes, así como de desinfectantes en la región, la demanda de glicerina ha aumentado durante la pandemia de COVID-19.

El mercado de la glicerina está consolidado, y los principales actores representan la mayor parte de la demanda del mercado. Los principales actores incluyen Emery Oleochemicals, IOI Corporation Berhad, Wilmar International Ltd, Cargill, Incorporated y Kao Corporation, entre otros.

Revisados estos elementos generales, haremos un breve repaso del estado del arte en el país respecto de la industria del glicerol relacionado con el biodiesel.

VI.iv.ii El glicerol en Argentina

Glicerina refinada

Un caso es el del Grupo Bolzán, una Pyme de capitales nacionales que, además de producir biodiésel, EN 2018 inauguró una planta para refinar glicerina vegetal de alta calidad, un derivado que se utiliza como insumo en múltiples industrias (desde alimentos, hasta farmacología), de los cuales el 80% está dirigida a la exportación.

El Grupo Bolzán posee dos plantas especializadas en "biodiesel": una chica, con una capacidad de 14.000 toneladas anuales y una mediana, que alcanza las 50.000 toneladas. En paralelo, en enero de 2018 inauguraron Glycopharma SA en el departamento de Nogoyá, Entre Ríos, un *start up* nacional que está conformada por una planta de última tecnología (importada desde Italia) y que permite sumar valor agregado a la soja a partir de la purificación y refinación de la glicerina, produciendo 1.600 toneladas mensuales de glicerina refinada.

Esta industria genera para la provincia de Entre Ríos un importante aporte en cuanto al ingreso de divisas, ya que logra exportar casi su totalidad de producción, logrando así ser unas de las primeras industrias a lo que volumen de exportación refiere. La empresa exporta a Rusia, Austria, China y Estados Unidos.

"Sin dudas que el efecto derrame en las ciudades cercanas es muy importante. Esta industria genera una fuerte demanda de todo lo que es servicios de transporte, industria metalmecánica y mano de obra especializada, entre otros", apunta el directivo y que, según recalca Bolzán, "cuenta con los más altos estándares de calidad a nivel mundial".

Bioglicol

El Grupo Bahía Energía (GBE), productor de biodiesel oriundo de Bahía Blanca, avanza en un *joint venture* con la firma ChemCom Industries, de los Países Bajos, para construir una planta industrial en ese país. Es un proyecto de tres años, a partir de que se defina su ejecución, y demandaría no menos de entre US\$ 50 millones y US\$ 60 millones. "

El proyecto es levantar una planta con capacidad de procesamiento de 100.000 toneladas por año, que permitirán elaborar 80.000 toneladas de biomonopropilenglicol, un derivado de la glicerina de múltiples aplicaciones industriales. Los despachos de la futura planta neerlandesa se colocarán, principalmente, en Europa y, en menor medida, los Estados Unidos. En estos mercados, están los clientes que más demandan productos bio para sustituir derivados del petróleo. Al ser empujado por ChemCom, el *start-up* tendrá financiamiento europeo.

A través de su unidad Bojagro, GBE, que pertenece al grupo bahiense Bojanich, elabora en Ramallo glicerina farmacopea a partir del biodiesel. El año 2021 Bojagro, comercializó 27.074 toneladas de este derivado. Destinó 77% al exterior. China fue su mayor comprador, con 10.000 toneladas. México y los Estados Unidos representaron más de 40% de la producción. También despachó a Turquía, Italia, la India, Sudáfrica, Costa de Marfil, Chile y Bolivia.

Para 2022, proyectaba crecer 50% en sus exportaciones. En octubre de 2021, firmó un contrato con Colgate-Palmolive para ser su proveedor de glicerina, insumo que la estadounidense utiliza en la fabricación de dentríficos, entre otros productos cosméticos y de higiene personal. La planta de Ramallo tiene una capacidad de 50.000 toneladas anuales de glicerina refinada.

Se usa como insumo en industrias como la aeronáutica, alimenticia, farmacéutica, tabacalera, textil, cosmética y del cuero. GBE invirtió US\$15 millones en la instalación. GBE tiene un plan de inversión de entre US\$10 millones y US\$15 millones para ampliar capacidad en 24 meses, 80% se destinará a generar productos de exportación.

VI.iv.iii Rutas químicas desde el glicerol

Partiendo desde el glicerol se pueden realizar un conjunto de procesos para su transformación en diversos productos con amplias aplicaciones. Algunas de las posibilidades son:

Reformado

El reformado es un proceso que consiste en la conversión de hidrocarburos con cadenas simples en hidrocarburos con cadenas ramificadas o anillos. Es una reacción que suele estar encaminada a producir combustibles de alto octanaje a partir de fracciones ligeras de crudo, productos de craqueo, o en nuestro caso, grasas simples.

Uno de los mayores logros de la nueva química del glicerol es el proceso de reformado en fase acuosa (APR), en que el glicerol se convierte en hidrógeno y monóxido de carbono (gas de síntesis o "syngas") en condiciones relativamente moderadas de temperaturas (entre 225 y 300 1C) usando un catalizador de Pt-Re en un solo reactor en solución de fase acuosa. Tal formación de gas de síntesis es crucial para la biorrefinería, porque el gas se puede utilizar como fuente para producir combustibles y productos químicos utilizando el proceso Fischer– Tropsch.

Por medio de reformado entonces, el glicerol se puede convertir en combustibles verdes, con procesos de fase acuosa producir hidrógeno verde o hidrocarburos verdes, o por medio de reformados en fase gaseosa, biometanol, que en la actualidad se produce a partir de gas natural.

Reducción selectiva

En química, reducción es el proceso electroquímico por el cual un átomo o un ion gana electrones. Implica la disminución de su estado de oxidación. Este proceso es contrario al de oxidación. En química orgánica, la disminución de enlaces de átomos de oxígeno a átomos de carbono o el aumento de enlaces de hidrógeno a átomos de carbono se interpreta como una reducción

Desde un punto de vista comercial, la producción de 1,2-propanodiol por la reducción del glicerol es el logro más relevante de la nueva química de la glicerina. El 1,2-propanodiol (o propilenglicol, PG) es un producto químico importante derivado tradicionalmente de la oxidación del propileno. Por ejemplo, las biorutas permiten la reducción de glicerol a 1,3-propanodiol, un importante monómero que se puede polimerizar con ácido tereftálico para producir fibras de poliéster conocido como Sorona (DuPont) o Corterra (Shell).

Algunos procesos de reducción selectiva que parten de la glicerina son: Hidrogenólisis a Propilenglicol; Deshidroxilación a 1,3-propanodiol; Reducción biológica a DOP (1,3-Propanediol).

Cloración

Los estudios de halogenación de glicerol se centran en la formación de 1,3-dicloro-2-propanol, un intermediario en la síntesis de epiclorhidrina, por hidroclicación directa. Este se produce junto con el isómero 1,2-dicloro-3-propanol (α,γ-clorohidrina) es el isómero de elección porque la epiclorhidrina, formada por su deshidroclicación, es comercialmente importante. Por condensación con un poliol como bisfenol A epiclorhidrina permite conservar una estructura lineal en los polímeros de éter obtenidos de él, incluidas las comercialmente importantes resinas epoxi.

Deshidratación

Deshidratación de glicerol. Dos sustancias químicas importantes se pueden producir directamente por deshidratación de glicerol: acroleína y 3-hidroxi-propionaldehído (3-HPA). Además, la oxideshidratación del glicerol da como resultado un acrílico ácido comercialmente importante. La acroleína se produce actualmente por oxidación del propileno derivada de hidrocarburos.

Deshidratación a acroleína

Se han dejado de comercializar procesos más antiguos para convertir glicerol en acroleína debido al alto costo y la baja estabilidad del catalizador. Más reciente, sin embargo, Corma y colaboradores han desarrollado un proceso de deshidratación resultando en la conversión completa de glicerol a acroleína lo que hace uso de catalizador ácido sólido ZSM-5 zeolita

Propano a partir de acroleína. Una vez que se ha formado la acroleína, se puede convertir en propano, con un rendimiento teórico general de glicerol de 48% en peso. La reacción ha sido investigada en profundidad por Biofuel-Solution, una empresa sueca organización de investigación, con el objetivo de producir GLP verde. Específicamente, el propanol se puede producir utilizando acroleína como partida material, o de glicerol (combinando el primer y segundo paso), con rendimientos del 70-80% en el primer caso y del 65-70% en el segundo. El propanol luego se deshidrata a propeno, con un rendimiento del 70-75%.

Oxidación a ácido acrílico El ácido acrílico se puede producir mediante una reacción de oxidación de un solo paso de glicerol en presencia de oxígeno molecular. La reacción de deshidratación es seguida por la oxidación aeróbica de la acroleína resultante directamente a ácido acrílico

Deshidratación a 3-hidroxiacetaldehído. El 3-hidroxiacetaldehído (3-HPA) es un precursor de muchos importantes químicos, incluyendo acroleína, ácido acrílico y 1,3-propanodiol, y es también utilizado para la producción de polímeros. Puede ser producido eficientemente a partir de glicerol renovable. La producción biotecnológica tiene varias ventajas en comparación con los métodos químicos, y se puede llevar a cabo utilizando soluciones acuosas de solución de glicerol a temperatura ambiente o a 37° C en condiciones normales de presión.

Eterificación

Eterificación del glicerol. Los éteres de glicerol de interés incluyen los compuestos resultantes de la reacción con isobutileno o terc-butanol, incluidos poligliceroles y glicosil glicerol. Moléculas oxigenadas como metil terc-butil éter (MTBE, ahora prohibido en muchos países) se utilizan como aditivos para combustibles debido a sus propiedades antidetonantes y de mejora del octanaje. En general, la adición de éteres tiene un efecto positivo en el rendimiento del diésel combustibles y reduce la cantidad de humos y partículas, óxidos de compuestos de carbono y carbonilo presentes en los escapes de los motores.

Butilación de éteres terc-butílicos de glicerol. Los éteres alquílicos de glicerol se sintetizan fácilmente por eterificación (O-alkilación) de glicerol usando alquenos, particularmente isobutileno, en presencia de un catalizador ácido a temperaturas de 50° C a 150° C y en proporciones molares de glicerol: isobutileno de 1: 2 o superior.

Telomerización y eterificación directa sobre CaO. Telomerización directa de glicerol puro o crudo con 1,3-butadieno mediado por un catalizador molecular a base de paladio ha sido recientemente descrito. El proceso emplea trifenilfosfina metoxi-sustituida ligandos, y es una tecnología prometedora que hace Mono-, di- y triéteres de glicerol de cadena C8 disponibles como productos químicos para bloques de construcción.

Polimerización a poliglicerol. El poliglicerol es un poliol altamente ramificado. Es un claro viscoso líquido, altamente soluble en agua y solventes orgánicos polares como metanol, y es esencialmente no volátil a temperatura ambiente.

Glicosilación a Glucosil Glicerol. O-a-D-Glucosyl glicerol (Glc–GL) se encuentra en el japonés tradicional alimentos fermentados como sake, miso y mirin. Por ejemplo, Glc–GL contribuye al sabor del sake, que contiene aproximadamente un 0,5 % de este compuesto. Glc–GL es un glucósido no reductor que exhibe aproximadamente la mitad de la dulzura de la sacarosa; tiene alta estabilidad térmica, baja decoloración por calor, baja reactividad de Maillard, baja higroscopicidad, alta capacidad de retención de agua, alta digestibilidad y no cancerígeno.

Se espera que aumente su uso para endulzar alimentos y bebidas ya que reduce la ingesta calórica.²¹ Glc-GL es producido por un proceso enzimático basado en *Candida tropicalis*, una α -glucosidasa con almidón como sustrato donante,²² o ciclodextrina glucanotransferasas,²³ que transfieren el residuo Glc de almidón y dextrinas a los 1- o 3- posición del glicerol. Concentraciones de 30% (p/v) de glicerol y 20% (p/v) el almidón soluble son los más efectivos para asegurar una transglicosilación.

Esterificación

Esterificación de glicerol. La esterificación del glicerol da lugar a una variedad de productos útiles y en últimos años ha sido un área activa de investigación. Las reacciones emplean tanto catalizadores químicos como lipasas y se pueden dividir en tres tipos: esterificación con ácidos carboxílicos, carboxilación y nitración.

VI.iv.iv Síntesis

A lo largo del recorrido del capítulo ha sido posible investigar que la provincia de Santa Fe cuenta con grandes posibilidades de desarrollar ventajas competitivas de cara al despliegue de la química verde, cuyo vector por excelencia es la biorrefinería. La existencia de singulares condiciones en todos los aspectos que hace a la competitividad sistémica, brindan una ventana de oportunidad para el desarrollo en particular, de la oleoquímica, cuya plataforma de lanzamiento es el complejo sojero en general y la industria del biodiesel en particular.

El recorrido por la actualidad del uso del glicerol y las posibles rutas para su transformación en productos de mayor valor agregado muestran un gran potencial, tanto en lo que hace a la faz productiva, como en el desarrollo de procesos y productos que permitan capturar de manera local mayores fracciones del valor agregado involucrado. En tal sentido, y pese a las amplias capacidades de la provincia, existe un espacio de vacancia fundamental para el desarrollo local de la oleoquímica y las biorrefinerías: infraestructuras y facilidades que permitan validar procesos en escalas pre industriales.

Tales facilidades resultarían clave para permitir la captura local de los desarrollos de conocimientos y procesos, el diseño y construcción de plantas y su operación, y el escalado industrial, con las consecuentes posibilidades productivas y de exportaciones de bienes y servicios de alto valor. Observando el panorama general de la provincia, puede afirmarse que es el eslabón faltante para lanzar un proceso sistemático de desarrollo y escalado en la temática, ya que si no, tal como se observa en el glicerol, la tendencia será a localizar plantas en el exterior y/o importar tecnología, resignándose por ende, las mejores porciones de ingreso.

En tal sentido entonces, y ante la ausencia de actores privados que cumplan ese rol, y la histórica vacancia de las políticas de ciencia y tecnología en la provincia, sería deseable un rol más decidido del Estado a la hora de ofrecer los impulsos necesarios y conducir y aglutinar el esfuerzo de los privados y el complejo científico tecnológico radicado en la provincia.

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y AGENDA EMERGENTE

VII.i Conclusiones

VII.i.i El recorrido del trabajo

El objetivo del trabajo ha sido ofrecer una perspectiva de la empresa que sirva como base o punto de partida para construir políticas y acciones relacionadas con la agenda de transición energética en general, y con el segmento de la química verde en particular. Para ello, se ha partido de una concepción del desarrollo que lo entiende como un proceso de acumulación de capacidades (productivas, industriales, tecnológicas, científicas, etc.) que permiten aprovechar sucesivas y cambiantes ventanas de oportunidad derivadas del proceso de cambio técnico que caracteriza a la dinámica de largo plazo del capitalismo.

Esto implica que, si se entiende a la transición energética como parte del proceso de cambio técnico de largo plazo del capitalismo, es preciso situar a la misma en la realidad provincial de modo de identificar el punto de partida, y con ello, las dependencias de la trayectoria que definen todo proceso de cambio técnico. Así entonces, y siendo que el complejo energético y químico moderno se basa en la explotación y transformación de recursos naturales, para su posterior distribución y consumo, ha sido preciso definir la situación provincial al respecto.

En ese sentido, respecto, en el trabajo se ha tratado de ubicar a la bioeconomía como parte del proceso general de la transición energética, entendiendo que el metabolismo social que permite la producción de bienes y servicios necesarios para la reproducción humana, se organiza en torno de la producción de excedentes energéticos. Estos, que en los últimos siglos han sido provistos por los hidrocarburos mediante un conjunto de tecnologías y paquetes energéticos entre los que se ubica la industria química, ha encontrado un límite en la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Así, el surgimiento de la bioeconomía, de la química verde como parte de ellas, y de las biorrefinerías como parte del paquete tecnológico asociado a la transición en la industria petroquímica, definen un sendero de cambio tecnológico inédito en la historia de la humanidad. Esto en el sentido de que desafían la lógica de procesos históricos anteriores, pero a la vez con un enorme potencial para desatar grandes procesos de transformaciones productivas y sociales.

Entonces, grandes transformaciones de fondo en lo que hace a producción de energía, acompañan como fundamento la emergencia de la bioeconomía, a la vez que las mismas constituyen cambios paradigmáticos que implican revoluciones

en los modos de producir y gestionar los bienes necesarios para el esfuerzo de reproducción social. Uno de estos cambios paradigmáticos es el de la economía circular y el aprovechamiento en cascada de la biomasa, que se inserta dentro de las revoluciones de las ciencias de la vida, llamadas a transformar la realidad humana en el Siglo XXI.

La lógica subyacente a la emergencia de la bioeconomía es la aprovechar todo residuo como un nuevo insumo de proceso que, a su vez, busca recrear en lógicas de flujos de biomasa anuales, lo que antes se hacía a partir del stock de biomasa transformada en las eras geológicas en petróleo. De tal modo entonces, el corazón tecnológico de dichas transformaciones se halla en las biorrefinerías, que, sirviéndose de todo tipo de procesos, existentes y a desarrollar, son el proceso eslabón en el proceso de acumulación de capacidades que han florecido con la química basada en los hidrocarburos fósiles.

El punto de partida del proceso que se ha descrito, de sus posibilidades y limitaciones, se dibuja en, por un lado, la geografía económica de la provincia, y por el otro, en las capacidades con la que la misma cuenta para dar el salto hacia la oportunidad que se delinea. Recordemos que, si se quiere aprovechar una ventana de oportunidad para el desarrollo, no sólo se debe identificar a la misma, sino contar una base mínima que permite delinear una estrategia para su aprovechamiento.

Teniendo en consideración lo primero, se ha realizado un recorrido por la geografía económica de la provincia, la cual ha mostrado el complejo perfil industrial productivo de la provincia, a la vez que el basamento de este en una compleja red energética profundamente imbricada en el paradigma fósil, de producción exógena a la misma. Ello se refleja en que la provincia es importadora neta de energía, pero también en que, la mayoría de la producción primaria depende de una forma u otra de insumos de base hidrocarburífera para su funcionamiento.

La provincia cuenta con una importante infraestructura de transporte y distribución eléctrica y de gas, incluso existen plantas eléctricas generadoras, pero que utilizan combustible proveniente de las cuencas hidrocarburíferas del país o combustible importado. Por fuera de ello, la mayoría de la provisión de combustibles es exógena, excepto aquella que llega incorporada como corte del gasoil con biodiesel producido en la provincia.

Respecto de esto último, el mezclado de gasoil con biodiesel se hace en las refinerías, por lo cual éste último viaja desde la provincia a las refinerías para luego volver en el gasoil, lo cual hace que se pierda parte del beneficio de la reducción de huella de carbono del biodiesel con relación al gasoil. En perspectiva de la transición, la lógica debería estar ordenada por la baja de la huella de carbono, lo cual requiere de otra lógica en las políticas.

Desde el punto de vista del complejo bioeconómico, la provincia cuenta con un amplio desarrollo que permite pensar en múltiples trayectorias para desarrollos futuros, muchas de las cuales enlazan con complejos agroindustriales, pero también con considerables niveles de producción agroganadera. Tanto lo que hace al agro como lo ganadero se halla desarrollado de amplia manera, con lo cual existen múltiples puntos de partida desde los cuales avanzar en encadenamientos productivos en la dirección de aprovechamientos en cascada y desarrollos tecnológicos de base biológica.

Asimismo, la provincia cuenta con el mayor complejo agroindustrial sojero del país, lo cual la convierte en un centro de referencia y atracción para la ecuación económica de la economía de la soja, y de la distribución territorial de producciones y opciones de negocios. Esta concentración ha hecho de la provincia un pionero en el desarrollo de la cadena de la soja, motivo por el cual la amplia mayoría de plantas de elaboración de biodiesel tienen su localización en la provincia.

Sin duda entonces, se cuenta con un activo enorme en lo que hace a la concentración del complejo sojero, lo cual brinda grandes posibilidades en cuanto a logro de economías de escala, pero también a la existencia de actores con capacidad de impulsar nuevos senderos para el complejo. En tal sentido, se puede afirmar que existen amplias capacidades en el sector productivo del complejo, pero estas no se reducen a ello.

Desde el punto de vista industrial, tecnológico y científico, tienen asiento en la provincia actores de gran potencial para el desarrollo de las biorrefinerías, cubriendo todo el espectro de las capacidades requeridas para ello. Desde el punto de vista de diseño y fabricación, existen importantes empresas en el sector de bienes de capital, que poseen departamentos de ingeniería y experiencia en industrias conexas, las cuales son trasladables al sector.

En lo que hace a desarrollo tecnológico, además de las citadas empresas, se cuenta con un importante stock de capacidades en las unidades locales de INTA e INTI, pero también en diversos institutos de investigación, tanto de las universidades como de CONICET. En lo que hace a lo científico, dichos institutos y las universidades concentran las principales capacidades junto con INTA e INTI, en agendas de trabajo con una alta vinculación con la realidad productiva provincial.

Estas capacidades tienen un correlato en los recursos con los cuales la provincia cuenta para iniciar un camino en las biorrefinerías, existiendo múltiples alternativas desde las diversas economías que existen en el territorio. Al respecto, los drivers del desarrollo de la bioeconomía parecen mostrar tendencias de largo aliento que llevarán a cambios de fondo, por lo cual el momento en el cual avanzar en el nuevo sendero puede hacer la diferencia respecto de las posibilidades de captura local de valor y empleo de calidad.

La relativa novedad del sector de biorrefinerías, con la existencia de múltiples rutas para el desarrollo de productos, en también múltiples plataformas tecnológicas, ofrece amplias oportunidades vinculadas en buena medida a las especificidades productivas de cada zona, pero también, a las alternativas para producir combustibles desde residuos o cultivos energéticos por ejemplo.

La provincia cuenta con cierto nivel de industria química, que aunque sin grandes complejos petroquímicos, ofrece capacidades que capitalizar para desarrollar senderos tecnológicos en el nuevo área. Vale recordar que los grandes desarrollos de complejos químicos suelen ser de tecnologías y patentes extranjeras, de grandes jugadores de I+D en bienes de capital. Dentro del nuevo paradigma de la química verde, Argentina y la provincia parte con un gran stock de capacidades y conocimientos, por lo cual la captura de valor asociada a la ingeniería y el desarrollo tecnológico, profundamente enraizado con la mejora competitiva, parece posible de ser realizado de manera local.

La provincia cuenta ya con un recorrido más que importante a nivel mundial en el complejo sojero, y en particular en el de biodiesel, el cual ha seguido avanzando en la captura de valor por la vía de agregados de procesos a, por ejemplo, la glicerina, punto de partida posible para el desarrollo de toda una rama de la química verde, la oleoquímica. La revisión de las tendencias dentro del mercado de la glicerina, a la vez que las posibilidades de elaboración de subproductos que de ella parten, esbozan un más que promisorio panorama.

Así entonces, desde el punto de vista de las condiciones locales, la evidencia revisada muestra que existe una acumulación de capacidades producto de un largo recorrido que hace pensar, y muestra ya, en la posibilidad de avanzar en rutas más sofisticadas para el desarrollo de las biorrefinerías y la bioeconomía. La presente ventana de oportunidad, definida por la existencia de grandes espacios para la innovación en lo que hace a procesos de transformación de biomasa en biorrefinerías, exige para su aprovechamiento, el alineamiento de políticas energéticas, industriales, productivas y de ciencia y tecnología en pos de la oportunidad.

Dado que se trata, respecto del momento del proceso de cambio tecnológico mundial, de un momento relativamente inicial, las oportunidades están a “tiro” de investigación y desarrollo de laboratorio, que luego sólo exige una validación respecto de condiciones tecno-económicas de operación comercial. En tal sentido, los incipientes desarrollos realizados con apoyo de FONARSEC en instituciones de la provincia como INCAPE, marcan un rumbo y exigen apoyo para catalizar esfuerzos.

A partir entonces de lo reseñado, se pasará a realizar algunas recomendaciones de posibles agendas y acciones.

VII.ii La agenda emergente

En el recorrido del trabajo se han llegado a identificar temas que, de buscar llevarse adelante una política provincial más activa en el campo de las biorrefinerías, deberían ser considerados.

- Estudios que profundicen en diversas alternativas de biorrefinerías a partir de la realidad productiva de la provincia. Se trataría de revisar las rutas o recorridos químicos posibles de cada una de las economías de relevancia en la provincia, de modo de caracterizar la existencia o no de oportunidad y su relevancia potencial.
- Desarrollo de una mesa de trabajo provincial en la temática. La creación de un ámbito que permita juntar a los actores de la temática, construir diagnósticos y elaborar alternativas resulta indispensable si se quiere mejorar políticas y acelerar el despegue de la temática.
- Mapeo de proyectos en la provincia de biorrefinerías. La información que existe es difusa, incompleta, desactualizada y parcial, se debe contar con una línea de base precisa para poder conocer estado del arte y acelerar su desarrollo.
- Identificación de líneas de trabajo de investigación y desarrollo existentes en la provincia en la temática. El sistema de ciencia y tecnología afincado de la provincia resulta también un tanto opaco y/o complejo en su acceso para conocer el estado del arte y las posibles oportunidades en ciernes, mejorar el acceso a dicha información es indispensable para no perder oportunidades y mejorar impactos que de otro modo se van de la provincia, por ejemplo, en la forma de patentes vendidas al exterior.
- Desarrollo de una estrategia provincial en la temática. Al tratar se de un área multidisciplinaria en términos de la definición del problema y la coordinación de actores que implica, el campo de las biorrefinerías requiere de una hoja de ruta para su desarrollo si a lo que se aspira es a capturar valor para la provincia. Ello implica contar con una planificación que defina las prioridades y objetivos de la provincia, cuáles son los hitos camino a su logro, y las herramientas de política involucradas para ello.
- Construcción de estudios de base para transición energética provincial sobre la base del apalancamiento de capacidades existentes en la provincia. Tal como se ha mostrado en la caracterización energética de la provincia, se trata de una importadora neta, en tanto que el logro de una transición que armonice los objetivos de descarbonización y competitividad requiere de un enfoque integral que armonice los aprovechamientos locales, las economías de escalas logradas en otras regiones energéticas y un esquema general que

potencie el desarrollo provincia, todo lo cual requiere de una sólida y sistemática política basada en un plan de largo plazo.

VII.iii El corto y mediano plazo

Tal como se ha apreciado en el trabajo, existe en la provincia una amplia masa crítica de recursos y capacidades que sólo precisan un relativamente pequeño esfuerzo desde el lado de las políticas públicas para comenzar a capturar la oportunidad que se configura en la intersección de la transición energética y la emergencia de la bioeconomía. Las trayectorias relacionadas con los sectores productivos, industriales, tecnológicos y de ciencia y tecnología han acumulado un conjunto de capacidades que, con un esfuerzo de política que cubra áreas de vacancia tecno-económicas, pueden ser transformadas en resultados inéditos para el país y la provincia.

Las áreas de vacancia constituyen restricciones al desarrollo, pues en lo que hace al desarrollo de nuevas oportunidades, sectores o negocios, no permiten completar las trayectorias que buscan llevar a condiciones comerciales nuevos productos o servicios. Una restricción al desarrollo del país en el campo industrial tecnológico que resulta histórica es la escasa tasas de éxito en el pasaje del laboratorio a la economía industrial, o dicho en otros términos, la proliferación de prototipos que nunca pasan a producción.

En el campo de las biorrefinerías, esto se ilustra en las dificultades para pasar de los prototipos de laboratorio a validaciones de proceso en escalas piloto que permitan saltar a proyectos de escala industrial, lo cual requiere validar no sólo los procesos, sino también cuestiones de economía industrial, ingeniería, economía del proceso, escalabilidad, balances de masa, etc. Este tipo de validaciones se pueden resolver de varias maneras, siendo el modo más usual en el primer mundo, la existencia de facilidades para tal fin o esquemas de asociaciones tipo spin-off con fondos especializados en inversiones de riesgo.

De más está señalar que, en la históricamente compleja realidad macro del país, la tendencia histórica ha sido hacia la fuga de proyectos al exterior, donde venta de patentes mediante o asociaciones con grandes jugadores, se exterioriza el proceso de validación y escalado, y también los beneficios. Planteado esto entonces, una forma de adaptarse a la realidad del país y acelerar el proceso bajando a la vez el nivel de riesgo, es la constitución de plataformas para validar procesos en escala prototipo, de modo de conectar la etapa de I+D con el proceso de innovación empresarial.

Al respecto, y en vista de que la provincia posee ventajas dentro de la cadena oleoquímica, deberían priorizarse acciones en dicha ruta de la química verde. Esto

en tanto que, como se ha revisado en los capítulos precedentes, el desarrollo de agregado de valor a partir de la glicerina de origen vegetal se encuentra en ebullición a nivel mundial, a la vez que la emergencia de un mercado que premia la baja huella de carbono configura interesantes oportunidades para el reemplazo de derivados de la petroquímica por opciones verdes.

Así, y teniendo en cuenta las capacidades provinciales, el desarrollo de plataformas para la validación de procesos y espacios de articulación / asociación entre actores públicos y privados, resulta indispensable para acelerar tiempos y generar las condiciones de posibilidad de captura local de valor. Recordemos que, en condiciones de subdesarrollo o periféricas como la de Argentina, el Estado debe jugar en muchas oportunidades, el rol de impulsor que rompa las tendencias dominantes, y en términos de oportunidad histórica, sería una enorme pérdida que el Estado no se decida a ejercer un rol decidido en el impulso y desarrollo de la agenda de las biorrefinerías.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Abramovitz, M. 1986. Catching up, forging ahead and falling behind. *The Journal of Economic History*, Vol. 46, No. 2, The Tasks of Economic History. USA. Jun., 1986.pp. 385-406.

Allen, R. C. 2004. *Revolución en los campos. La reinterpretación de la revolución agrícola inglesa*. SEHA. Zaragoza.

Annukka Näyhä. 2012. *Towards Bioeconomy A Three-Phase Delphi Study on Forest Biorefinery Diffusion in Scandinavia and North America*. Doctoral dissertation. Jyväskylä, 2012.

Amable, B., Barré y Boyer, R. (2008). *Los sistemas de innovación en la era de la globalización*. Buenos Aires. Miño y Dávila.

Amsden, A. 1989. *Asia's next giant. South Korea and late industrialization*. Oxford. Reino Unido. Oxford University Press. Artículo.

Area, M.C. (2022). *Biorrefinerías en la Argentina y el mundo ¿mito o realidad?*. Disponible en <https://www.argentinaforestal.com/2022/02/03/biorrefinerias-en-la-argentina-y-el-mundo-mito-o-realidad/>

Arocena, R., J. Sutz. 2003. *Subdesarrollo e Innovación. Navegando contra el viento*. Madrid. Cambridge University Press

Arthur, W. B. (1994). *Increasing Returns and Path-Dependency in the Economy*. Michigan, USA. University of Michigan Press.

Ascúa, R. (2003). *La creación de competencias dinámicas bajo un contexto de inestabilidad macroeconómica: el caso Edival*. Buenos Aires. CEPAL.

Ashraf, M. T., Torres, A. I., Schmidt, J. E., y Stephanopoulos, G. (2019). *Analysis and Optimization of Multi-actor Biorefineries*. In *Biorefinery* (pp. 49-75). Springer, Cham.

Astarita, R. 2010. *Economía política de la dependencia y el subdesarrollo. Tipo de cambio y renta agraria en la Argentina*. Bernal. Universidad Nacional de Quilmes Editorial. 2010. Libro.

Bianco, C., y Porta, F. (2005). *Las visiones sobre el desarrollo argentino: consensos y disensos*. En *Argentina*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva (2005). Bases para un plan

estratégico de mediano plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2015: visiones y escenarios (Anexo 1, pp. 9-55). Buenos Aires: Autor

Bocchetto, R., Gauna, D., Bravo, G., González, C., Rearte, M., Molina Tirado, L., Hilbert, J., Eisenberg, P., Lecuona, R., Taraborrelli, D., Papagno, S., Vaudagna, S. (marzo, 2021). Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles. Proyecto "Bioeconomía Argentina: Construyendo un Futuro Inteligente y Sustentable para el Norte Argentino 2030". MINCyT - INTAINTI-UNNE-UNSa-UNSE. Síntesis para Tomadores de Decisiones. Buenos Aires. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/9399#>

Bioeconomy. Washington, DC.

Bolsa de Comercio de Rosario. 2021. Rol estratégico de la provincia de Santa Fe y desafíos económicos en un contexto de pandemia. Disponible en <https://www.bcr.com.ar/es/print/pdf/node/85699>

BP. 2016. BP Statistical review of world energy. Disponible en: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

Cardoso, F. H, E. Faletto. 2002. Desarrollo y dependencia en América Latina. Buenos Aires. Siglo XXI Editores.

Castignani, H. 2011. Zonas Agroeconómicas Homogéneas Santa Fe. INTA. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-zah_santa_fe.pdf

Castilla-Archilla, J., O'Flaherty, V., Lens, P.N.L. (2019). Biorefineries: Industrial Innovation and Tendencies. In: Bastidas-Oyanedel, JR., Schmidt, J. (eds) Biorefinery. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5_1.

CEPAL (2017) Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas AUTOR: Rodríguez, Adrián G. - Mondaini, Andrés O. - Hitschfeld, Maureen A. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42427-bioeconomia-america-latina-caribe-contexto-global-regional-perspectivas>

CIECTI. (2019). Santa Fe. Lineamientos estratégicos para la política de CTI. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos_estrategicos_para_la_politica_de_cti_-_santa_fe.pdf

Consejo Federal de Inversiones. 2020. Informe Oferta Exportable Provincial - Santa Fe. Disponible en https://www.cfi.org.ar/uploads/2021/06/1624046838arch_38_1.pdf

CPCE. 2007. La energía en la provincia de Santa Fe. Un análisis estructural de las fortalezas y debilidades. Rosario. Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la Provincia de Santa Fe - Fundación del Banco Municipal de Rosario

Cristóbal, J. C. T. Matos, J. Aurambout, S. Manfredi, and J. Crist. 2016. Environmental sustainability assessment of bioeconomy value chain. *Biomass and Bioenergy*, vol. 89, pp. 159–171, 2016.

Dossl, G. 2003. Paradigmas y trayectorias tecnológicas. Una interpretación de las determinantes y direcciones del cambio tecnológico. Publicado en *Ciencia, tecnología y crecimiento económico*. F. Chesnais y J. C. Neffa compiladores. Buenos Aires. CEIL-PIETTE CONICET

Escorsa Castells, P. y Valls Pasola, J. (2008). *Tecnología e innovación en la empresa*. México. Alfaomega.

Fabergerg, J. (2003). *Innovation: A Guide to the Literature*. Centre for Technology, Innovation and Culture. Oslo University

FAO. 2018. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Santa Fe*. [Colección Documentos Técnicos N° 8]. Buenos Aires.

Freeman, C. 1993. *La experiencia de Japón: el reto de la innovación*. Caracas. Editorial Galac. Libro.

Freeman, 2003. *La naturaleza de la innovación y la evolución del sistema productivo*. Publicado en *Ciencia, tecnología y crecimiento económico*. F. Chesnais y J. C. Neffa compiladores. Buenos Aires. CEIL-PIETTE CONICET. Libro.

Formichella, M. M. (2005, enero). *La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo*. Monografía realizada en el marco de la Beca de Iniciación del INTA: “Gestión del emprendimiento y la innovación”, Tres Arroyos

Gallopin, G. (2004), “La sostenibilidad ambiental del desarrollo en Argentina: tres futuros”, *Serie Medio Ambiente y Desarrollo 91*, CEPAL. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5624/S049721_es.pdf

Garcia, R. 2013. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. México. Gedisa editorial.

Gómez San Juan, M., Bogdanski, A. y Dubois, O. (2019). *Towards Sustainable Bioeconomy. Lessons Learnt from 26 Case Studies*. FAO, United Nations. Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/ca4352en/ca4352en.pdf>

Golden, J. S. And R. B. Handfield. 2014 Why biobased? Opportunities in the Emerging

Hirsch, S. 1965. The United States electronic industry in international trade. U.K. National Institute Economic Review N° 34.

IICA (2021) Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, C.R.: IICA, 2021 <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18564>

IICA PROCISUR (2019) El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo global- Megatendencias, incertidumbres críticas y preguntas claves para el futuro de los sistemas agropecuarios y agroalimentarios del Cono Sur <https://www.procisur.org.uy/bibliotecas/documentos/sintesis-del-estudio-prospectivo/es>

INTA (2020) Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles. Documento de trabajo <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/8662>

INTA Introducción a la Prospectiva de la Ciencia, Tecnología e Innovación MÓDULO 3 Profundización en tres métodos y técnicas: Escenarios, Backcasting y Delphi (s/f) Autores Diego Gauna, Mercedes Patrouilleau, Paula Schuff, Leticia González. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7644/INTA_CIE_P_Gauna_D_Profundizacion_tres_metodos_tecnicas.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Kamm B, Kamm M. 2004. Principles of biorefineries. Appl Microbiol Biotechnol 64(2):137–145.doi:10.1007/s00253-003-1537-7.

Kline, S. J y Rosemberg, N. (1986). An overview of innovation. En The positive sum strategy: Harnessing technology of economic growth. Washington D.C. The National Academy Press

Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. World Development, vol. 20, N° 2, Oxford, Reino Unido, Pergamon Press.

López, A. F. 2007. Desarrollo económico y sistema nacional de innovación en la Argentina. Buenos Aires. EDICON

López, F. (1998). La reciente literatura sobre la economía del cambio tecnológico y la innovación: una guía temática. En I&D Revista de Industria y Desarrollo, 1(3). Buenos Aires.

López, A. F. (2007). Desarrollo económico y Sistema Nacional de Innovación en la Argentina (1a ed.). Buenos Aires: Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Lundvall, B-A. (2009). Sistemas nacionales de innovación. Hacia una teoría de la innovación y el aprendizaje por interacción. Buenos Aires. UNSAM edita.

Milesi, D., Novick, M. y Yoguel, G. (2004). Tramas productivas y desarrollo de ventajas competitivas: la red de proveedores de Siderca y Siderar. Boletín Informativo de Techint N° 134. Buenos Aires. Mayo-Agosto 2004.

MINCyT. (2022). Ficha Provincial de Santa Fe. Sistema de Ciencia y Tecnología (SICYTAR). Disponible en: <https://sicytar.mincyt.gob.ar/informesprovinciales/#/vista-provincia?provincia=SANTA%20FE>

Ministerio de Economía de la Nación. 2022. *Cadenas Productivas Argentinas*.

Disponible en

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cadenasproductivasargentinas_trabajomadre_mayo2022.pdf

Ministerio de Energía y Minería. 2016. *Balance Energético Nacional 2015*.

Documento Metodológico. Disponible en

https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf

Ministerio de Hacienda de la Nación. 2017. *Informes Productivos Provinciales*.

Santa Fe. Disponible en

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_productivo_santa-fe.pdf

Ministerio de Hacienda de la Nación. 2019. *Informe Cadenas de Valor. Cereales:*

Maíz. Disponible en

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_maiz.pdf

Ministerio de Hacienda de la Nación. 2019b. *Informe Cadenas de Valor*.

Oleaginosas: Soja. Disponible en

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_soja.pdf

Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). *The knowledge creating company*. Oxford University Press. Oxford.

OCDE-EUROSTAT (2006). Manual de Oslo 3º edición. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. TRAGSA. Madrid.

OIT. 2019. Documento de trabajo N° 29. La cadena de suministro de biodiésel en Argentina: ¿una oportunidad para el avance social? Oficina de País de la OIT para la Argentina.

Pérez, C. 1985. Microelectrónica, ondas largas y cambio estructural mundial. Nuevas perspectivas para los países en desarrollo. Versión en castellano de la autora, disponible en www.carlotaperez.org. Publicado originalmente en inglés en World Development, Vol. 13 N° 3. Marzo 1985, pp. 441-463. Artículo.

Pérez, C. 2001. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. Santiago de Chile. Diciembre de 2001. Revista de la Cepal N° 75.

Pérez, C., 2004. Revolución tecnológica y capital financiero. México: Siglo XXI Editores.

Pérez, C. 2010. Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales. Santiago de Chile: Abril de 2010. Revista de la Cepal N° 100. Artículo

(Pérez y Soete, 1988), Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity

Porta, F. y Baruj, G. 2019. *Lineamientos estratégicos para la política de CTI - Santa Fe*. CIECTI. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos_estrategicos_para_la_politica_de_cti_-_santa_fe.pdf

Porter, M. (1990). La ventaja competitiva de las naciones. Buenos Aires: Vergara

Provincia de Santa Fe. 2011. *Plan Estratégico Provincial*. Disponible en <https://www.santafe.gov.ar/archivos/PEP.pdf>

Provincia de Santa Fe. 2016. *Las ecoregiones, su conservación y las Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Santa Fe*. Disponible en https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/229660/1202209/file/LIBRO%20ECOREGIONES_web.pdf

Provincia de Santa Fe. 2016b. *Santa Fe - Capacidades y estrategias para una inserción global competitiva*. Disponible en <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/243243/1281331/file/Santa%20Fe%20->

[%20Capacidades%20y%20estrategias%20para%20una%20inserci%C3%B3n%20global%20competitiva.pdf](#)

Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía. (2006, junio). Competitividad: marco conceptual y análisis sectorial para la provincia de Buenos Aires. Cuadernos de Economía, n° 74.

RICYT/OEA/CYTED. (2001). Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe: Manual de Bogotá. Colombia. COLCIENCIAS/OCYT.

Roger, D. D. (2015). Ventana de oportunidad para el desarrollo del sector eólico argentino. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Buenos Aires.

Rosenberg, N. 2003. Ciencia, innovación y crecimiento económico. Publicado en Ciencia, tecnología y crecimiento económico. F. Chesnais y J. C. Neffa compiladores. Buenos Aires. CEIL-PIETTE CONICET. Libro.

Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. En International Marketing Review, 11(1), pp. 7-31. MCB University Press.

Santa Fe. (2022). Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación. Disponible en: [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/242087/\(subtema\)/236062](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/242087/(subtema)/236062)

Seijó, G. L. y Cantero, H. (2012). ¿Cómo hacer un satélite espacial a partir de un reactor nuclear?. En Revista REDES, vol. 18, N° 35. Bernal, Buenos Aires.

Sistema de Información Simplificado Agrícola. 2021. *Soja 2020-2021*. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_soja2020_2021.pdf

Smil, V. 2013. Energy transities. California, EUA. Greenwood publishing group

Suarez, D. (2013). El sistema argentino de innovación: instituciones, empresas y redes. Buenos Aires. Editorial Universidad Nacional de General Sarmiento.

Teece, D.J., Pisano, G. y Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. En Strategic Management Journal, 18(7), pp. 509-533.

Thomas, H, Santos, G. y Fressoli, M. (2013). Innovar en Argentina. Buenos Aires. Editorial Lenguaje Claro.

Wells, L. 1972. International trade: The product life cycle approach. Publicado en The product life cycle and international trade. L. WELLS editor. Boston. Harvard University, Graduate School of Business Administration, Division of Research.

Yoguel, G. y López, M. (2000). Sistemas locales de innovación y el desarrollo de la capacidad innovativa de las firmas: las evidencias del cuasi distrito industrial de Rafaela. En Revista Redes, N° 15. Bernal.

Bases de datos consultadas

- Portal de datos abiertos. Energía:
<https://datos.gob.ar/dataset?organization=energia>
- Visor SIG - Información Geográfica de Energía:
<https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php>
- CAMMESA. Generación eléctrica
<https://public.tableau.com/app/profile/alejandro.demel/viz/GeneracionElectrica-CAMMESA/Dashboard1?publish=yes>
- ENERFE
<https://www.santafe.gob.ar/ms/enerfe/>

Páginas web consultadas

<https://www.bioeconomia.info/2021/09/21/pronostican-un-fuerte-expansion-en-el-mercado-de-glicerina/>

<https://www.larepublica.co/globeconomia/biodiesel-grupo-argentino-entra-a-megaproyecto-de-glicerina-en-europa-3312810>

<https://www.iprofesional.com/comex/286262-industria-exportacion-biodiesel-Avanza-la-produccion-de-glicerina-de-alta-calidad-en-Argentina>

<https://noticias.entrerios.gov.ar/notas/la-planta-de-glicerina-ms-moderna-del-pas-proyecta-exportar-desde-el-puerto-de-concepcion-del-uruguay.htm>

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/glycerin-market>

<https://www.cronista.com/empresas-seccion/gbe-incremento-en-un-125-las-ventas-de-glicerina-refinada-en-2021/>

<https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios>

<https://cipibicargentina.org.ar/>

Sobre los/la autores/a

Fabián Oscar Orjuela Guerra / Licenciado en Sociología (UBA), investigador especializado en gestión, diseño, análisis y seguimiento de políticas públicas y proyectos relacionados con desarrollo sustentable, cambio tecnológico, transición energética e inclusión social.

Silvina Graciela Papagno / Licenciada en Ciencia Política (UBA), con posgrados en Desarrollo Local, Territorial y Economía Social y en Gestión y Control de Políticas Públicas (FLACSO Argentina), Magister en Gobierno (UBA), especializada en Prospectiva Territorial y Desarrollo Sostenible y Políticas de Ordenamiento Territorial (ILPES CEPAL).

Diego Daniel Roger / Licenciado en Ciencia Política (UBA), Magíster en Dirección estratégica y Tecnológica (ITBA), investigador en especializado en estudios económicos del desarrollo en el área de las energías renovables y la transición energética (UNQ).