



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

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
Definición del problema	13
Recorrido del documento	13
Alcance del trabajo	14
Metodología	14
<b>CAPÍTULO I. BIOECONOMÍA, TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y BIORREFINERÍAS</b>	<b>15</b>
<b>I.i. Contexto</b>	<b>15</b>
I.i.i. Evolución y sistemas disipativos	15
I.i.ii. La transición ecológica y la transición energética	17
<b>I.ii. Transición energética e impactos en la economía argentina</b>	<b>19</b>
I.ii.i. Transición energética	19
I.ii.ii. Transición energética y desafíos para Argentina	26
<b>I. iii. La química verde en la transición y las biorrefinerías como núcleo tecnológico del nuevo paradigma productivo</b>	<b>29</b>
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
<b>CAPÍTULO II. LA GEOGRAFÍA ECONÓMICA DE SANTA FE DESDE LA PERSPECTIVA DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA</b>	<b>38</b>
<b>II.i Características generales</b>	<b>38</b>
<b>II.ii El sistema energético santafesino</b>	<b>42</b>
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
<b>II.iii Abastecimiento de energía según fuente</b>	<b>46</b>
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

<b>II.iii.vii Biocombustibles</b>	<b>59</b>
<b>II.iv. Consumo de energía en la provincia de Santa Fe</b>	<b>63</b>
<b>ii.iv.i Consumo Final de Energías Primarias y Secundarias por Sector</b>	<b>63</b>
Consumo industrial	65
<b>II.v El complejo bioeconómico</b>	<b>70</b>
<b>II.v.i Delimitaciones geográficas. Las Regiones</b>	<b>70</b>
<b>II.v.ii Principales sectores productivos</b>	<b>73</b>
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
<b>II.v.iii Participación en el VAB provincial de las cadenas exportaciones de Santa Fe</b>	<b>88</b>
<b>II.vi Bioeconomía</b>	<b>89</b>
<b>II.vi.i Biocombustibles</b>	<b>91</b>
<b>II.vi.ii Bioetanol</b>	<b>92</b>
<b>II.vi.ii Biometano</b>	<b>93</b>
<b><i>CAPÍTULO III. CAPACIDADES INDUSTRIALES, TECNOLÓGICAS Y CIENTÍFICAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA QUÍMICA VERDE Y BIORREFINERÍAS</i></b>	<b>95</b>
<b>III.i La innovación, vector del proceso de cambio técnico</b>	<b>95</b>
<b>III.i.i Los modelos de la innovación y su impacto en el desarrollo económico</b>	<b>95</b>
<b>III.i.ii Nivel mezzo, el Sistema Nacional de Innovación</b>	<b>96</b>
<b>III.i.iii Nivel micro, la innovación en la firma</b>	<b>97</b>
<b>III.i.iv Innovación tecnológica como proceso interactivo y acumulación de capacidades</b>	<b>99</b>

<b>III.ii Capacidades científico-tecnológicas de santa fe en campo de la bioeconomía</b>	<b>104</b>
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
<b>III.iii Capacidades industriales en bienes de capital</b>	<b>131</b>
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
<b>III.iv El sector de bienes de capital como vector de captura de valor local</b>	<b>148</b>
<b>III.v Capacidades tecnológicas para el desarrollo del sector de biorrefinerías</b>	<b>149</b>
<b><i>IV. ALGUNOS RECURSOS POTENCIALES PARA LA BIOECONOMÍA EN SANTA FE Y DRIVERS DE SU EVOLUCIÓN</i></b>	<b><i>151</i></b>
<b>IV.i Recursos biomásicos</b>	<b>151</b>
IV.i.i Biomasa	151
IV.i.ii Cuencas de biogas	154
<b>IV.iii Drivers de la evolución de la bioeconomía</b>	<b>158</b>
Fuerzas Impulsoras	161
<b><i>CAPÍTULO V LAS BIORREFINERÍAS EN LA TRANSICIÓN DE LA PETROQUÍMICA A LA QUÍMICA VERDE</i></b>	<b><i>164</i></b>
<b>V.i Antecedentes</b>	<b>164</b>
<b>V.ii Las biorrefinerías</b>	<b>165</b>
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

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

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
<b><i>CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y AGENDA EMERGENTE</i></b>	<b>238</b>
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
<b><i>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</i></b>	<b>245</b>
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 procesado (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 <sup>2</sup> ) 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 CO<sub>2</sub>. 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**

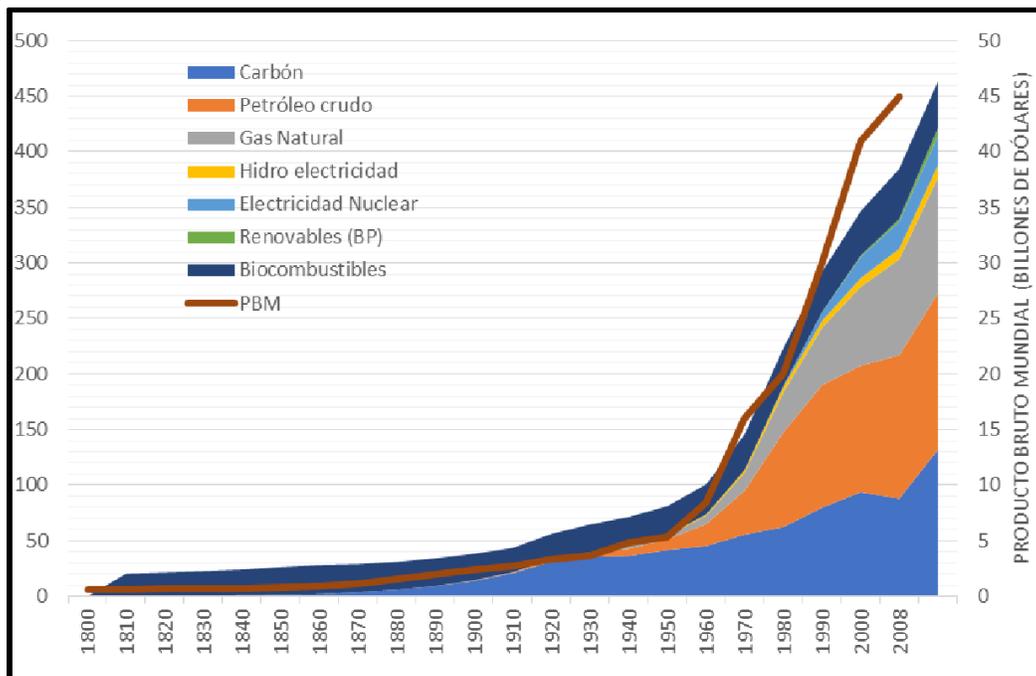
#### **I.i.i. Evolución y sistemas disipativos**

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 I.i. Producto bruto mundial y consumo de energía.<sup>1</sup>**

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

<sup>1</sup> 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 “subsidio 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.iii 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 desarrollo<sup>2</sup> 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

---

<sup>2</sup> 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.



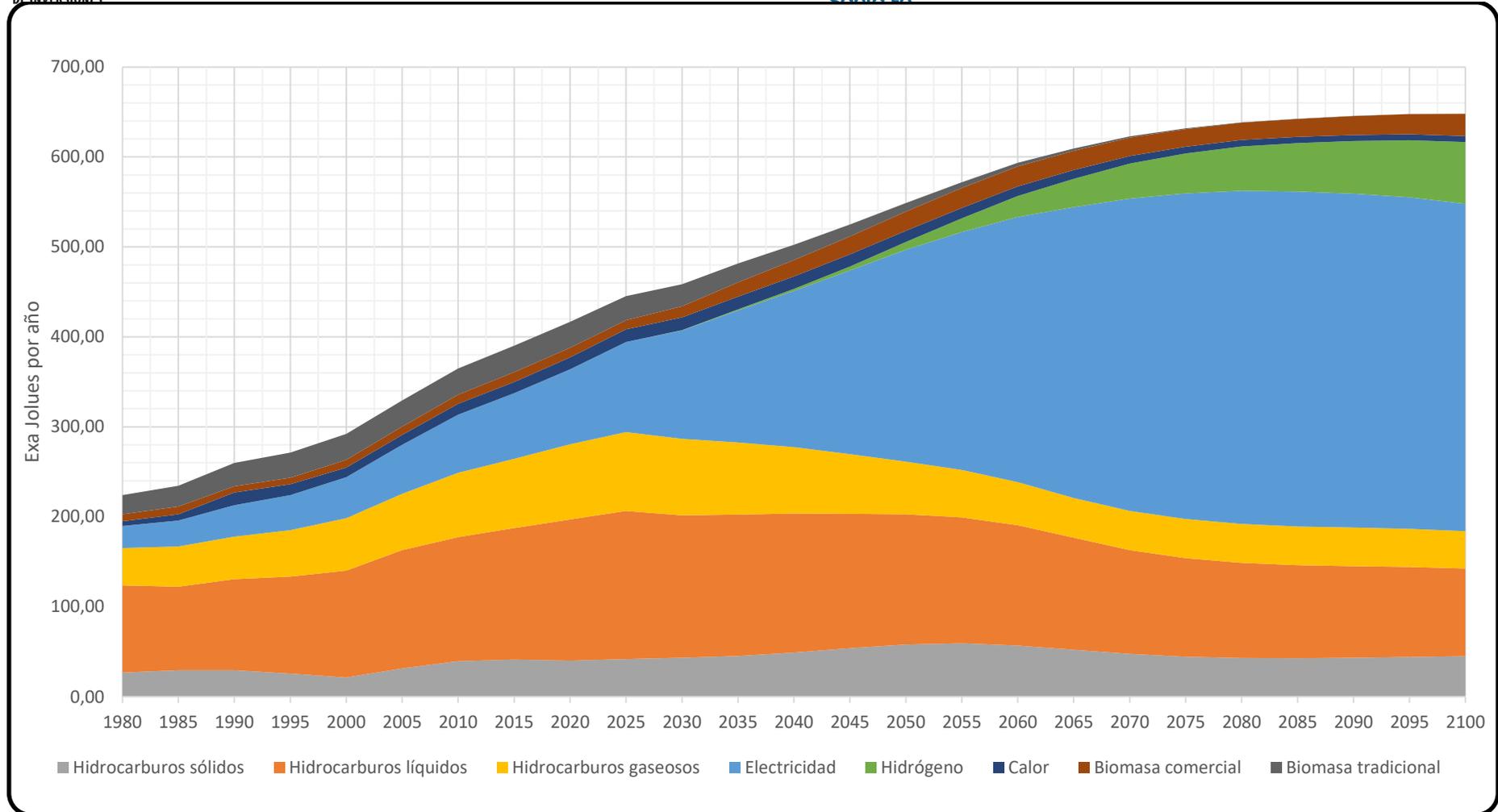
CONSEJO FEDERAL  
DE INVERSIONES



UVT de CONICET

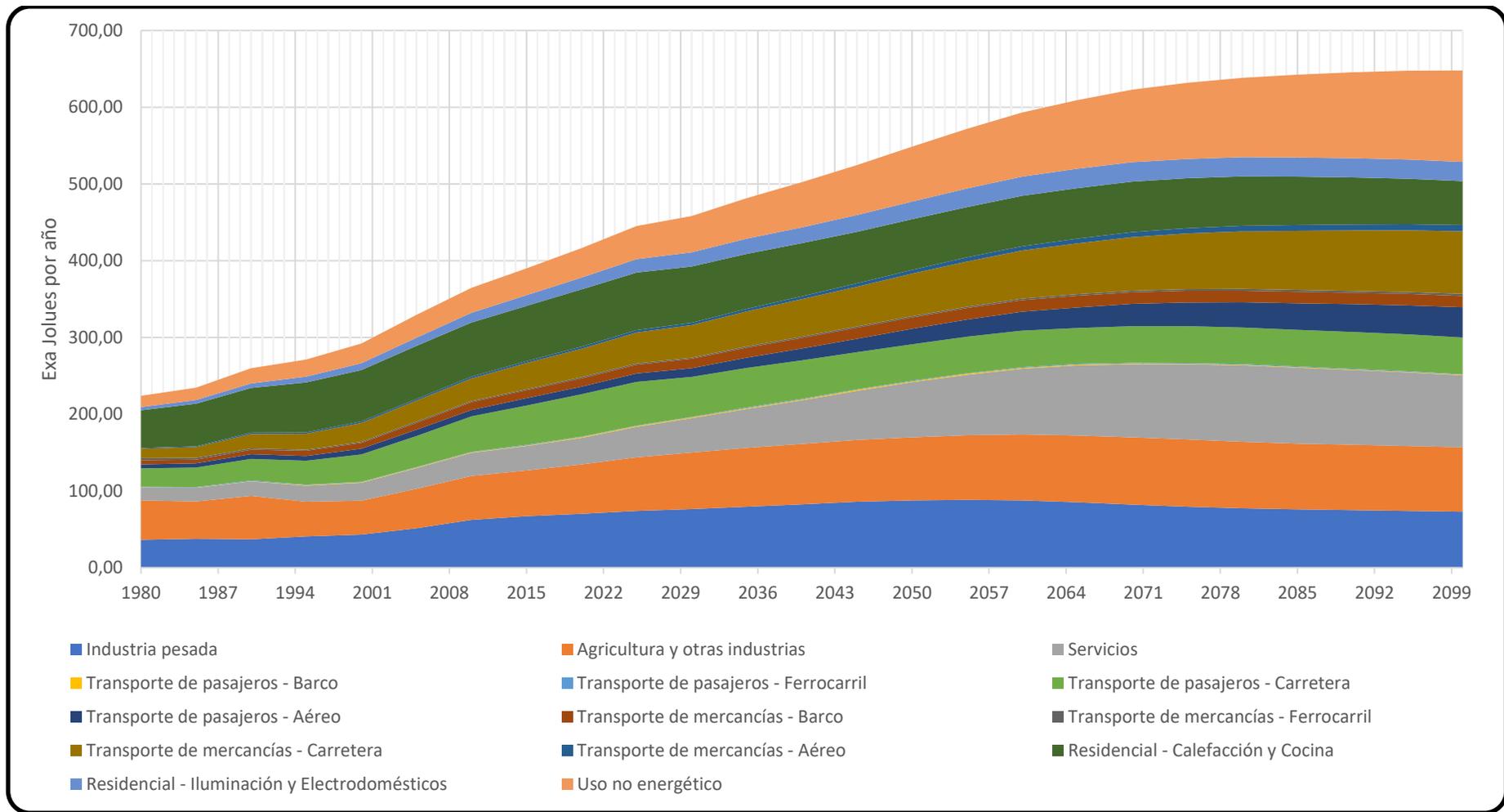


Santa Fe



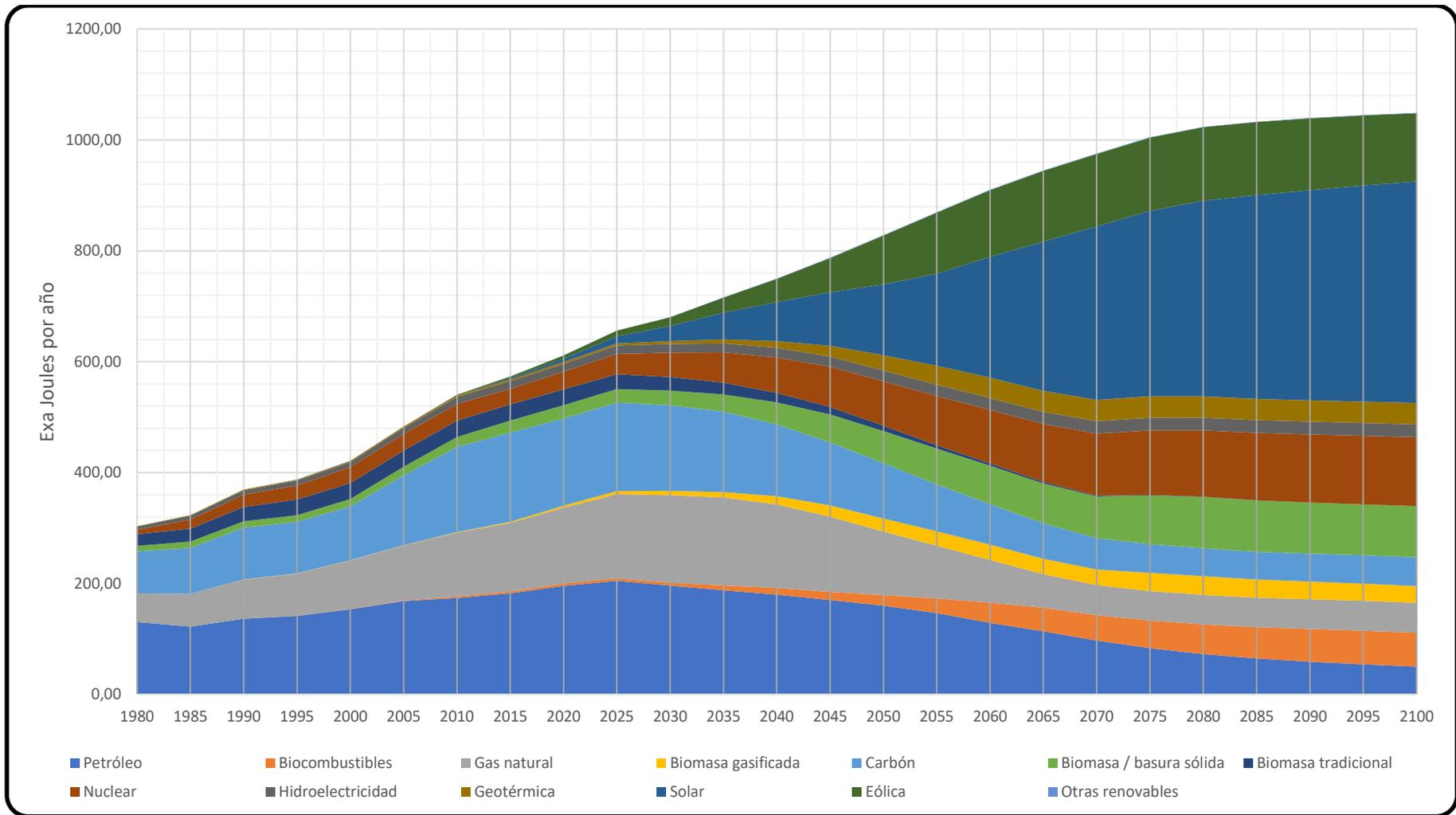
**Figura I.ii. Consumo total mundial de energía por fuente.**

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



UNT de CONICET



Santa Fe  
Provincia

## 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.



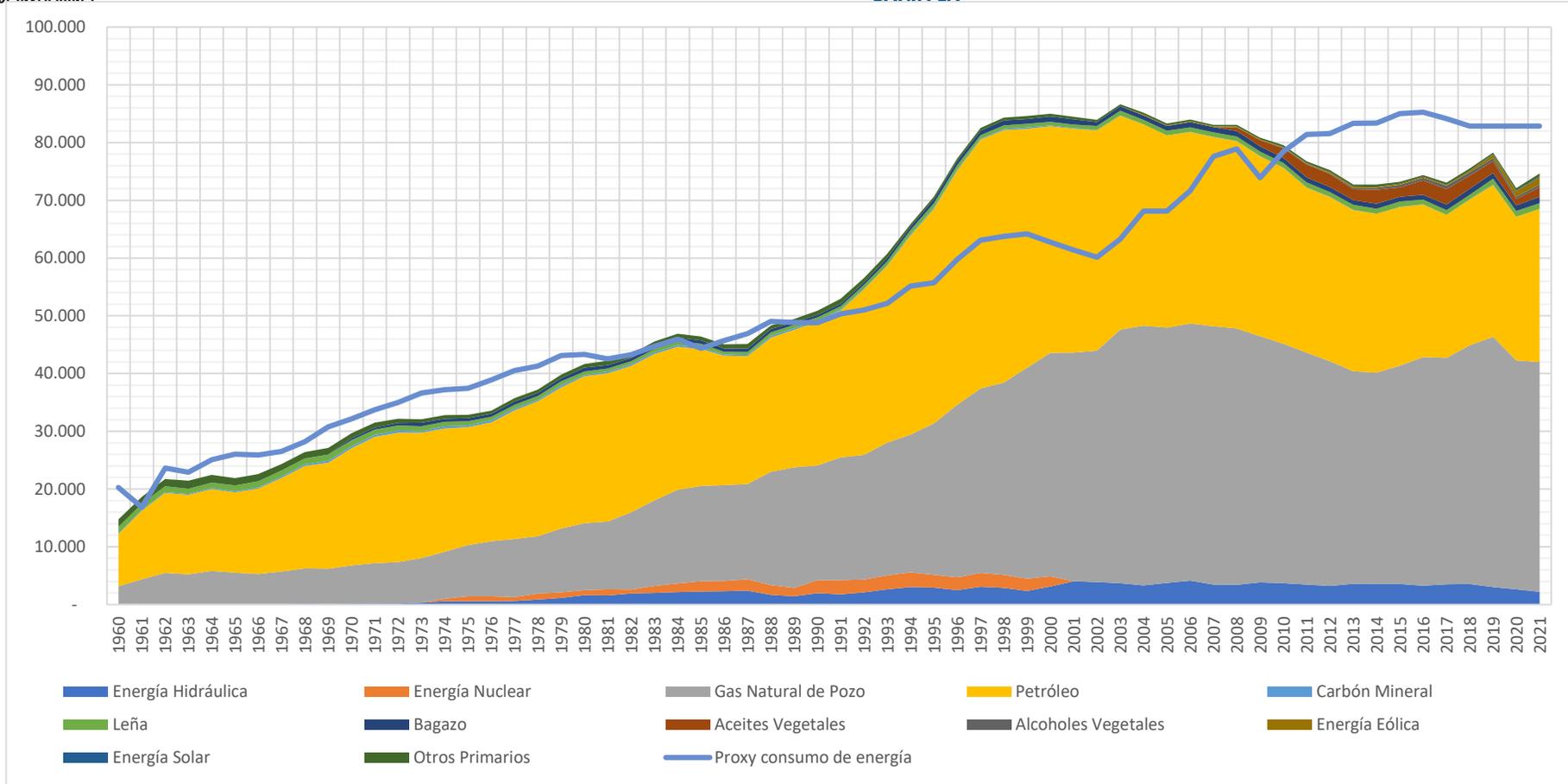
CONSEJO FEDERAL  
DE INVERSIONES



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.

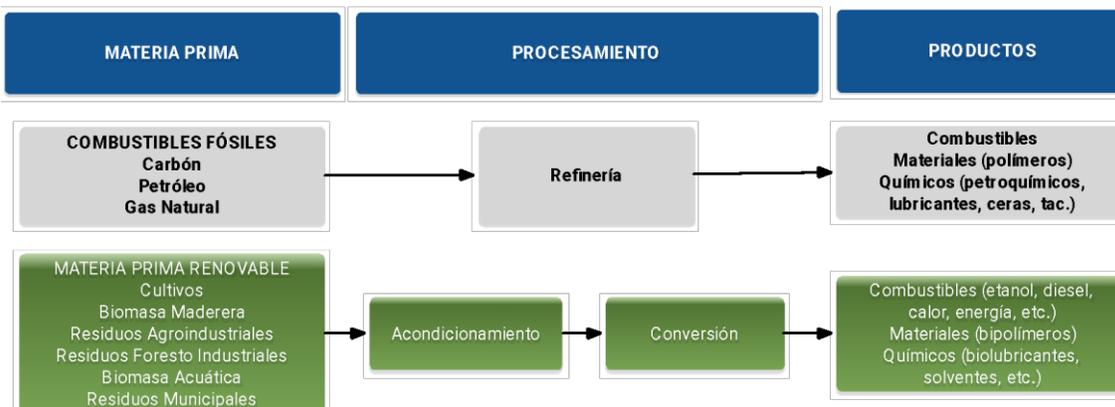
Así como en el caso de los hidrocarburos el proceso de difusión fue empezado en buena medida por los usos como combustibles, que luego devino en un aprovechamiento cada vez mayor y de cada vez más subproductos, en el caso de la biomasa, el camino ha sido iniciado por los biocombustibles, como bioetanol 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,

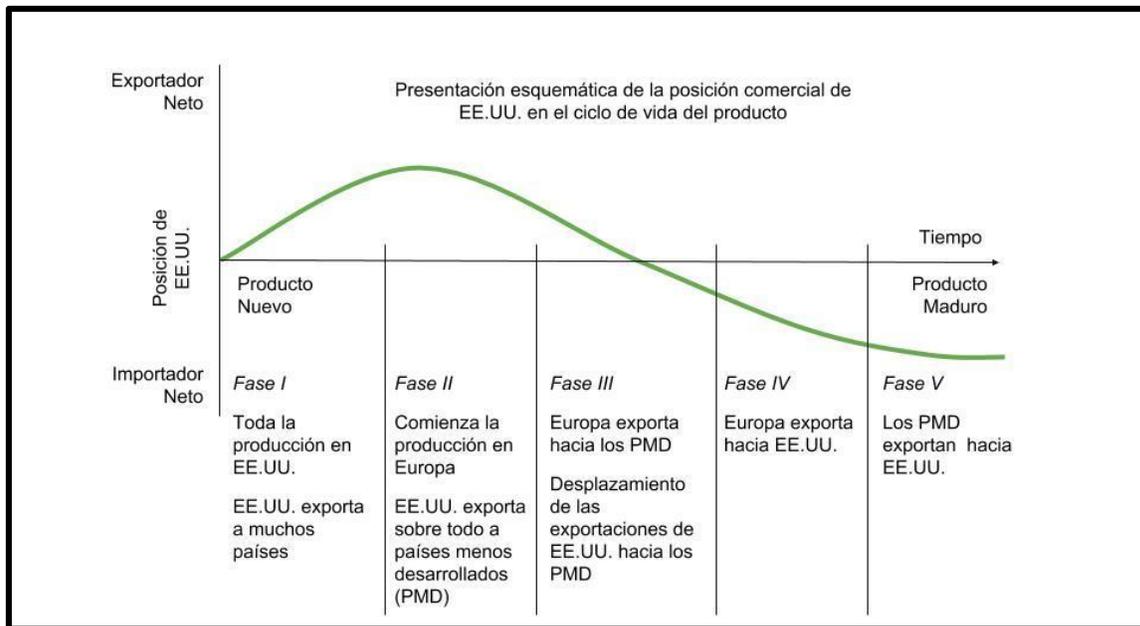
entonces, para descubrir las causalidades, es necesario explorar la relación del ciclo de vida de los productos tecnológicos con las fases de las revoluciones tecnológicas y su despliegue en el mundo, lo cual altera las barreras de ingreso para los países atrasados en los nuevos sectores de la economía.

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.

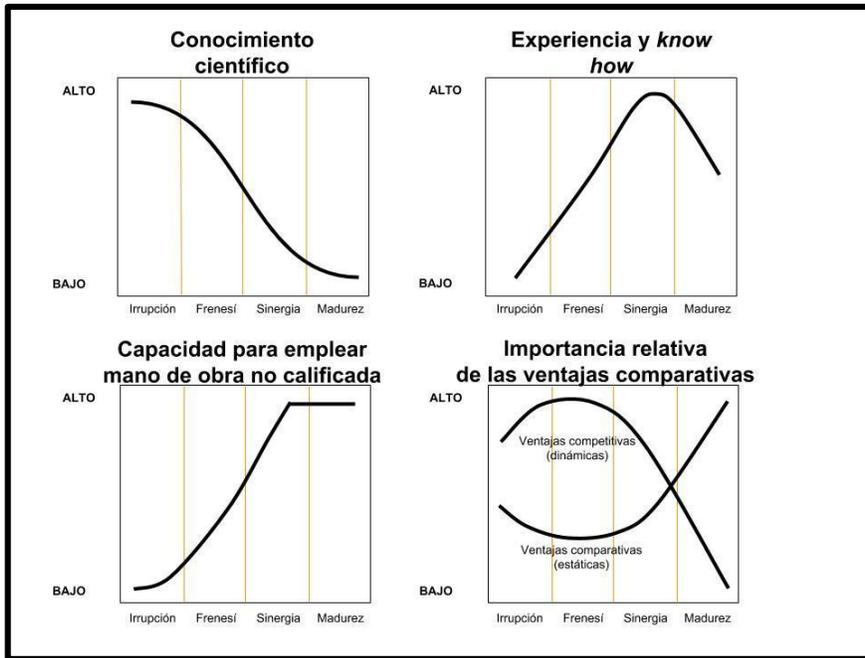
Entonces, al desplazarse hacia las periferias en su fase de madurez, las tecnologías requieren capitales que los países en desarrollo no poseen, hecho que los lleva a recurrentes ciclos de endeudamiento y oleadas de Inversión Extranjera Directa (IED) (Cardoso y Faletto, 2002; Bulmer-Thomas, 2010; Astarita, 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.**

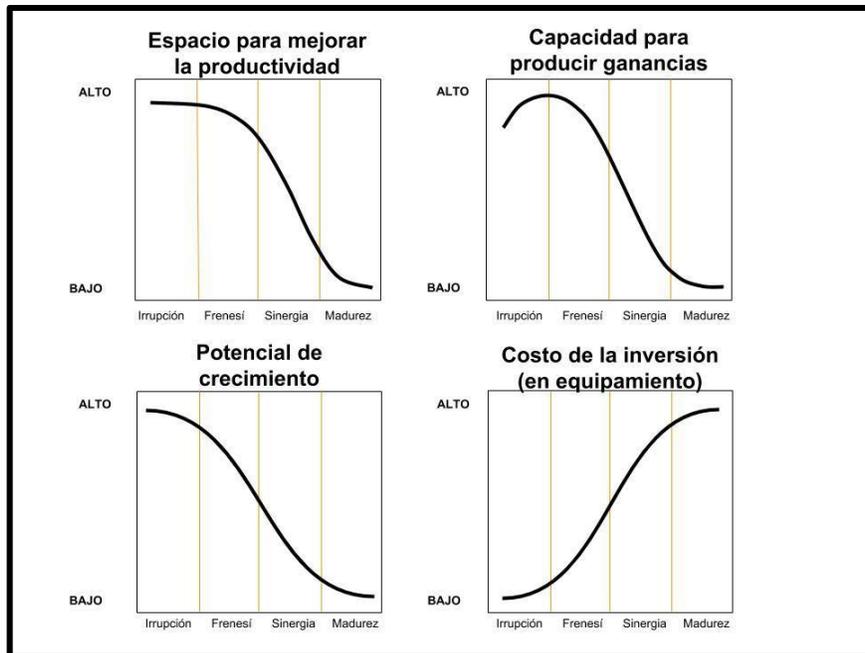
Fuente: Wells, 1972.

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 km<sup>2</sup>. 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/km<sup>2</sup> por debajo del promedio de la región centro (42,4 ha/km<sup>2</sup>) y del nacional (16,2 ha/km<sup>2</sup>).

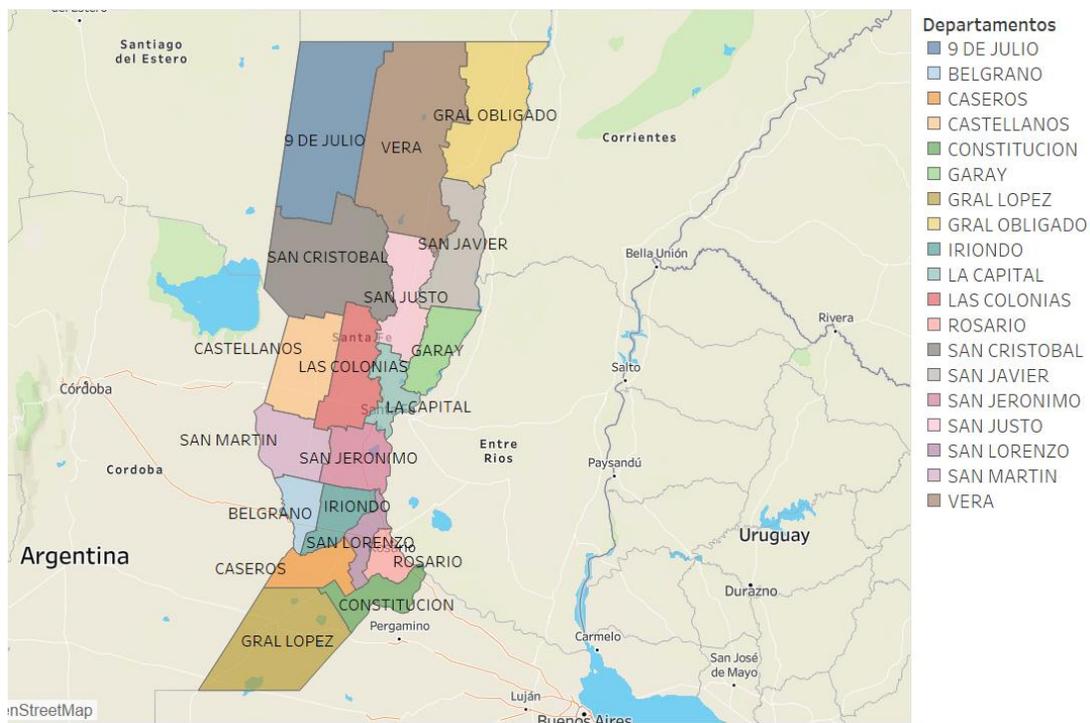
Su población representa un 8% del total nacional. Con una extensión territorial norte-sur de 720 Km. de longitud y de 380 Km. en su eje este-oeste, es la segunda economía más importante del país (Provincia de Santa Fe, 2011).

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).

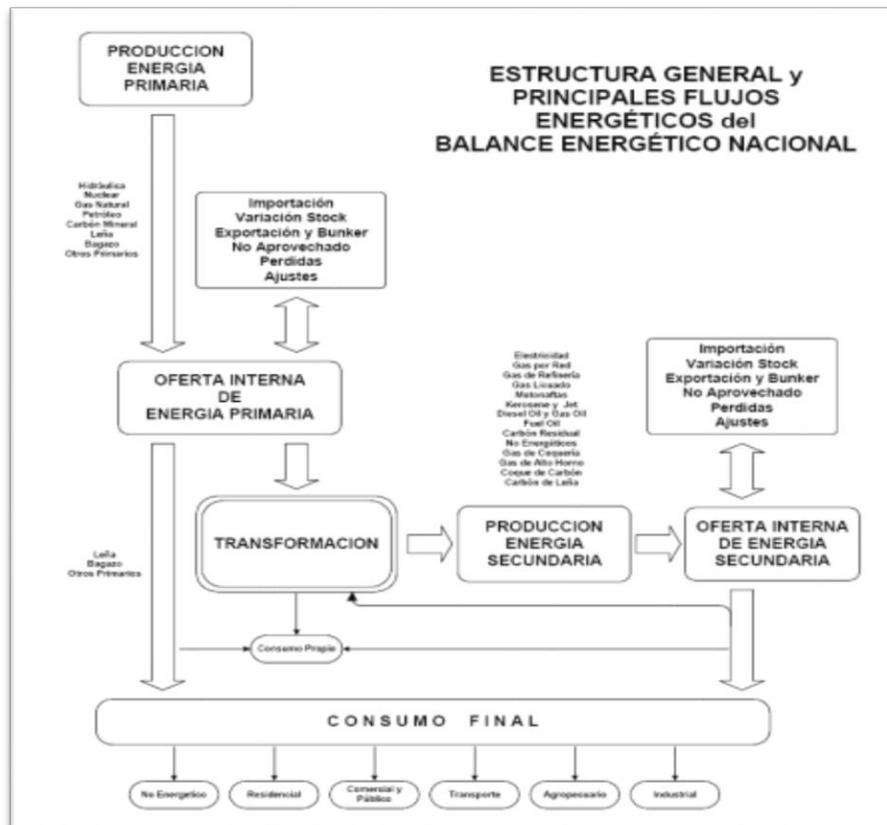
En cuanto a la industria metalúrgica y metalmecánica, la provincia produce una parte importante del acero crudo nacional en la forma de laminados no planos, siendo Acindar el principal productor. En 2016 la provincia contaba con 6.538 establecimientos industriales, de acuerdo a los datos del Observatorio 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		

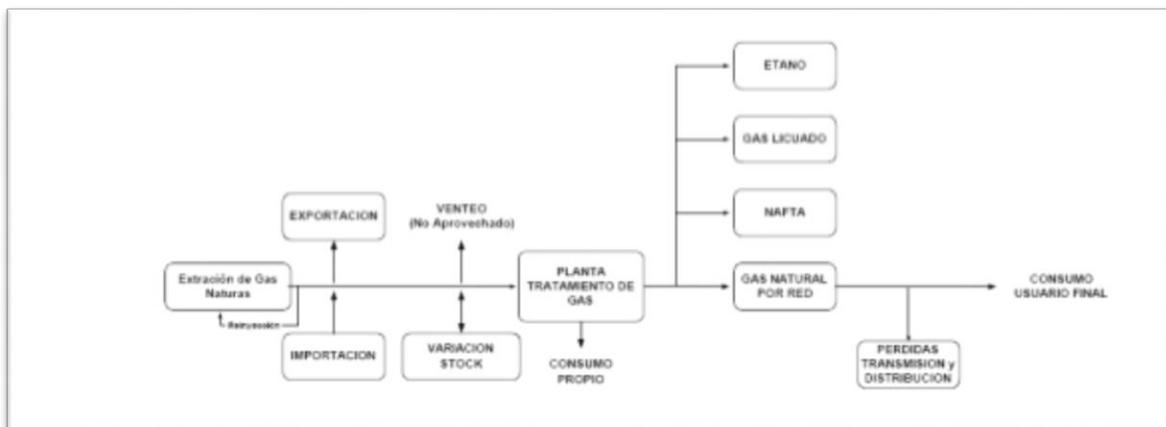
Fuente: CPCE, 2007.

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 km<sup>2</sup> 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.



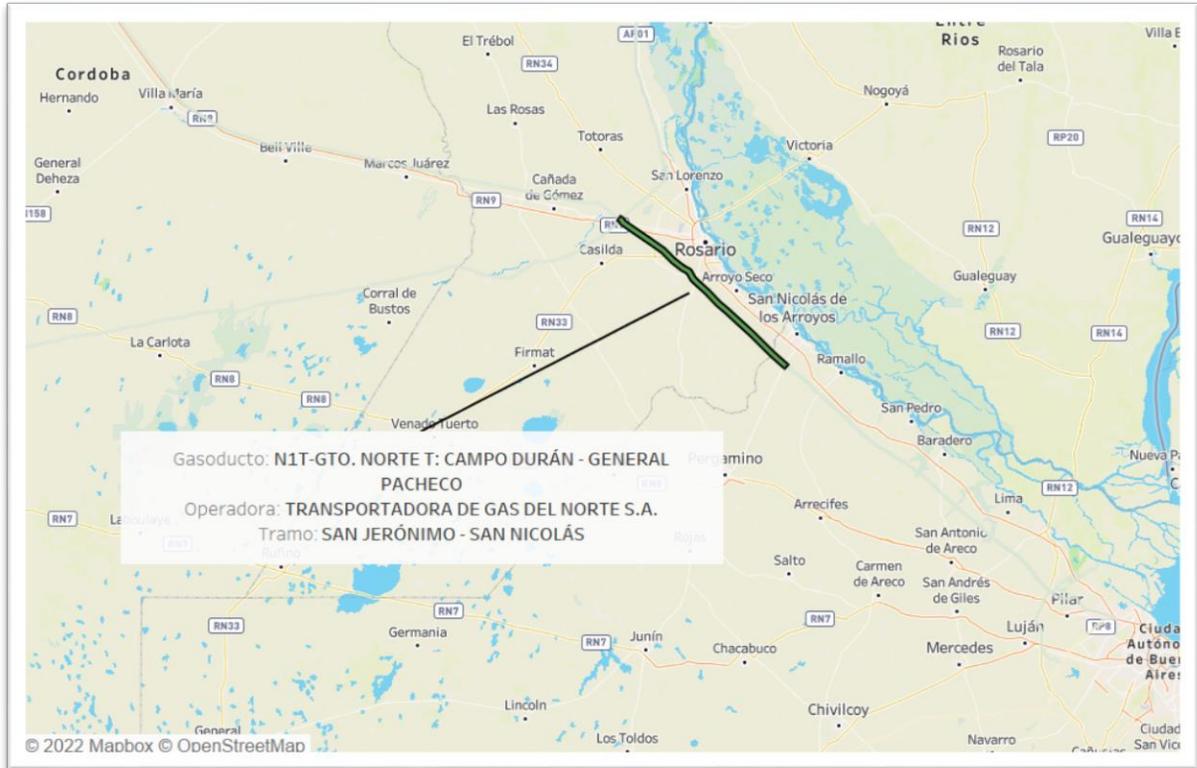
**Mapa II.iv. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Camilo Aldao - San Jerónimo**

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



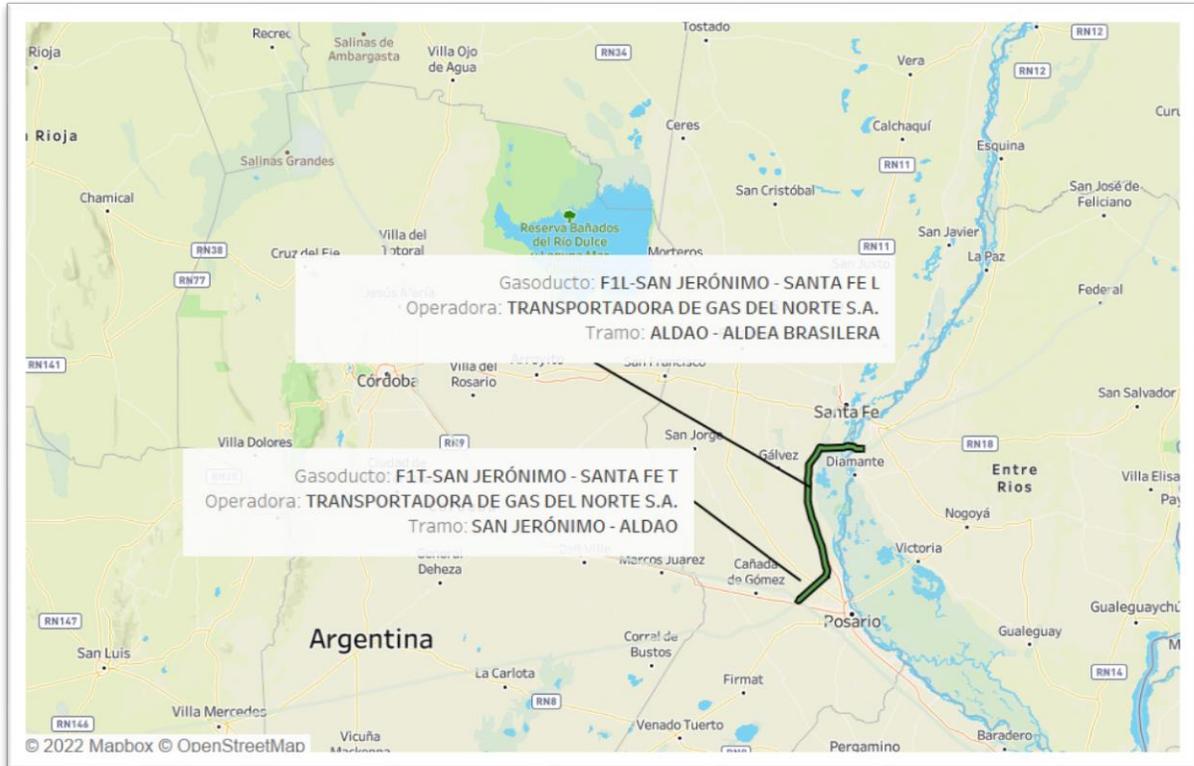
**Mapa II.v. Red Troncal de Gasoductos en la provincia de Santa Fe: tramo Montealeña - San Jerónimo**

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 ENERFE<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup>).
- 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 m<sup>3</sup>).
- 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

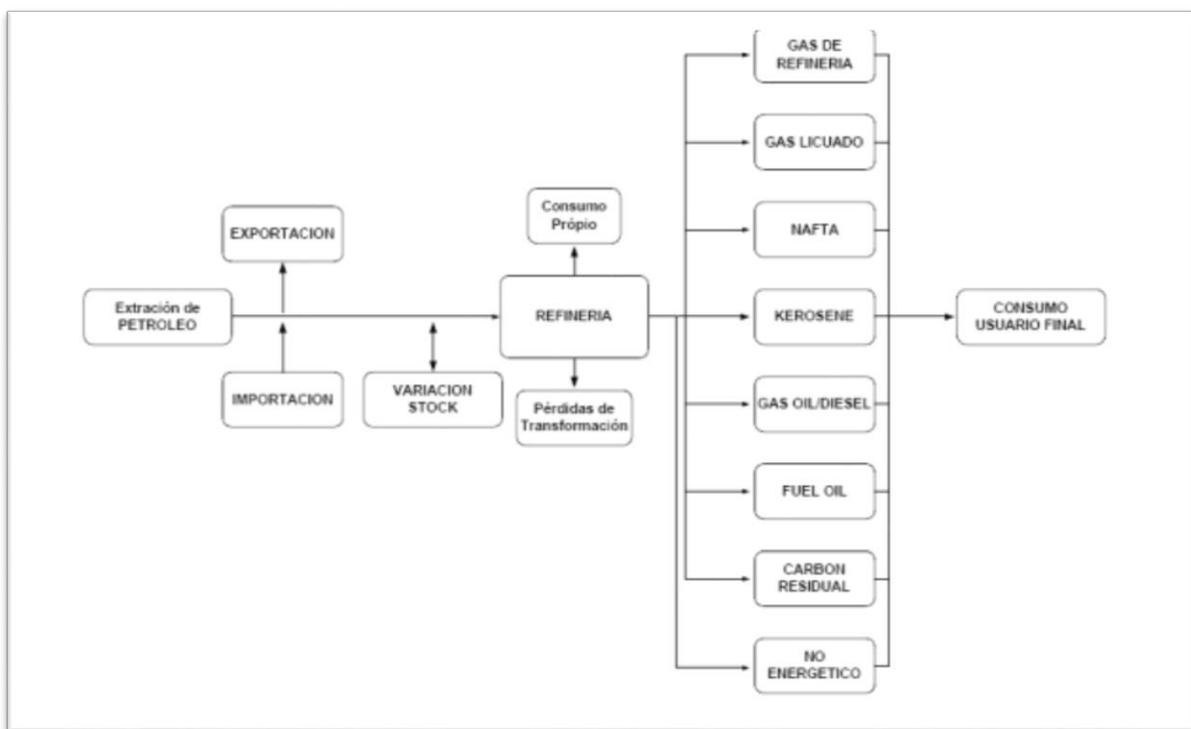
<sup>3</sup> <https://www.santafe.gob.ar/ms/enerfe/>

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).

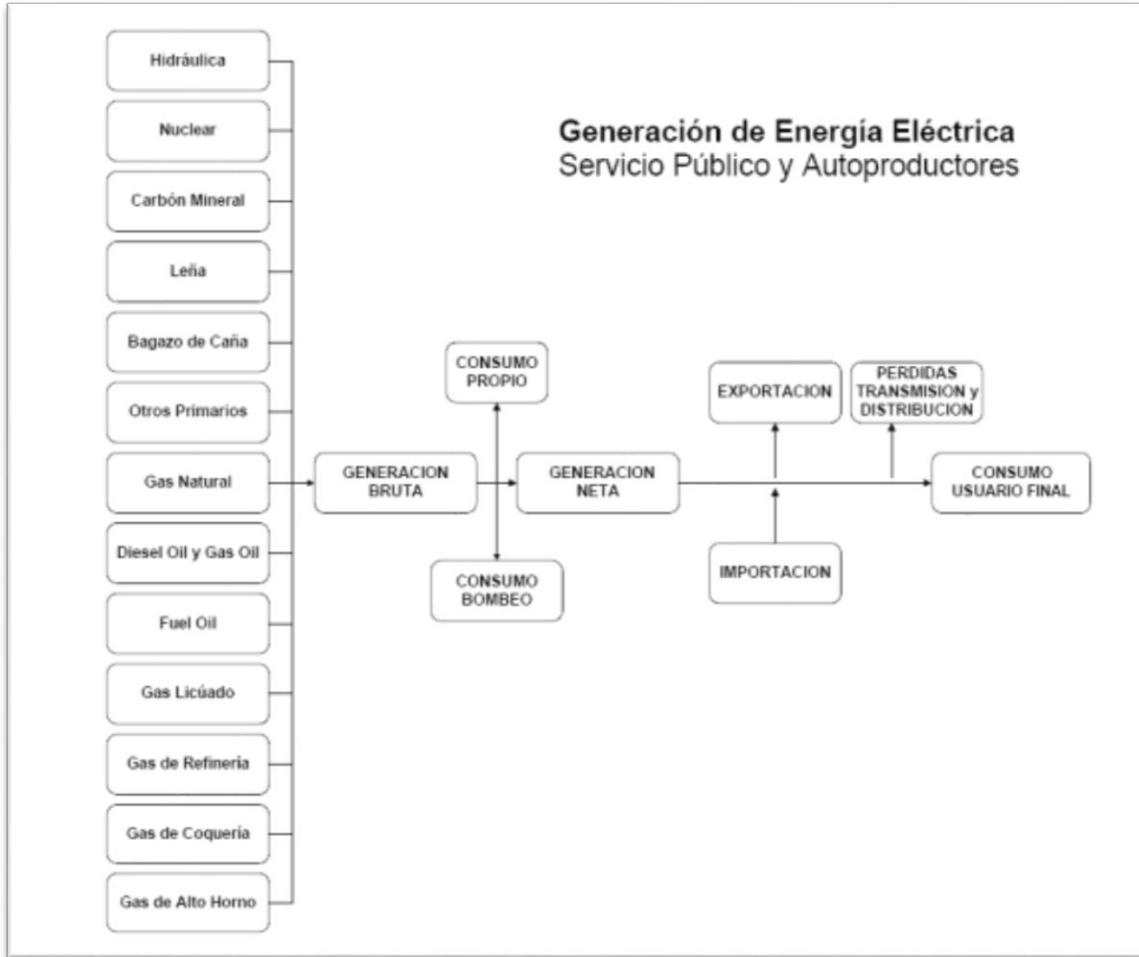


**Fig. II.iii. Estructura de la provisión de derivados del petróleo**

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.

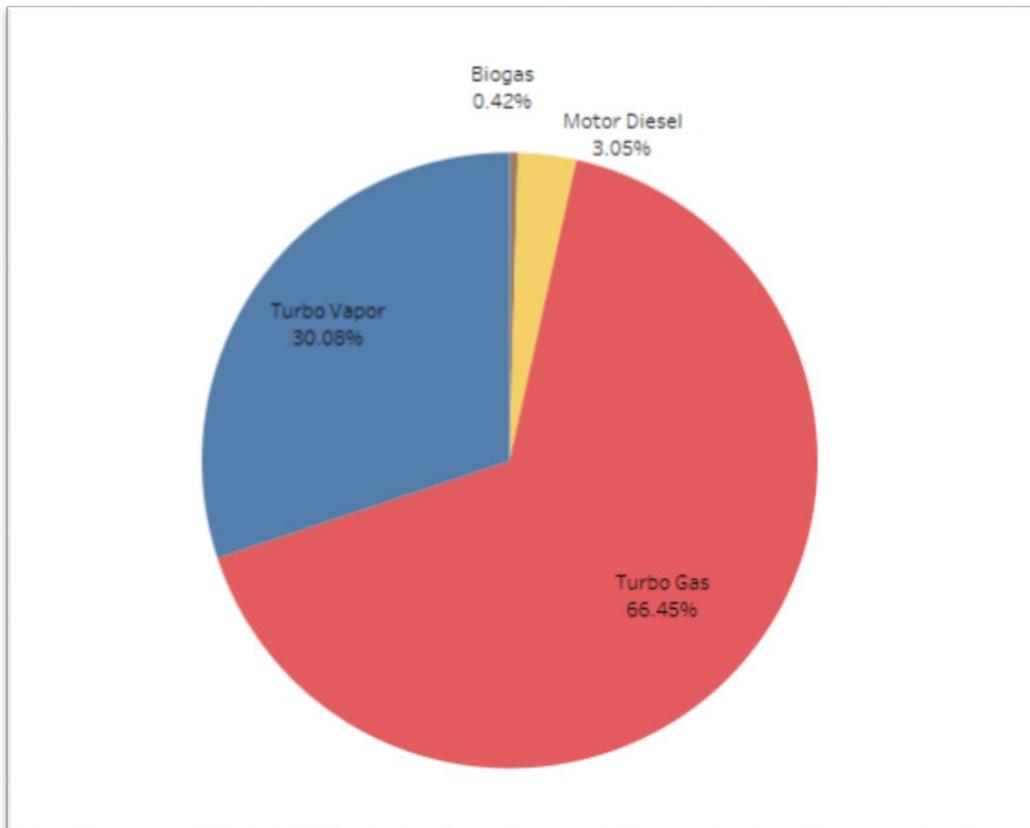
**Tabla II.ii. Detalle de las Centrales Térmicas de la provincia de Santa Fe.**

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
			<b>Total</b>	<b>1990,80</b>

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).<sup>4</sup>

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

---

<sup>4</sup> Datos a junio de 2022.

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

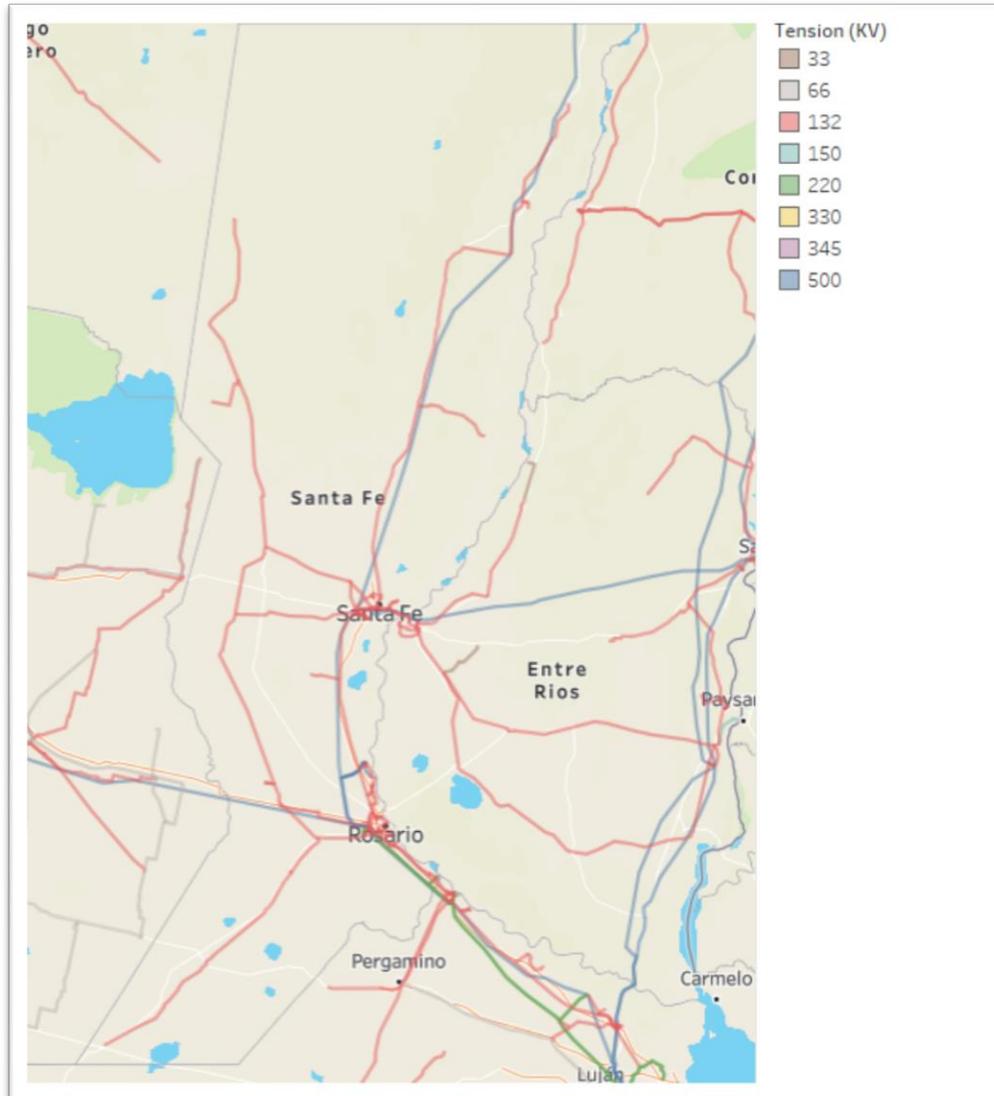
Por otra parte, la empresa ENERFE está a cargo de la operación y mantenimiento del primer parque solar de la provincia, ubicado en la localidad de San Lorenzo al sur de la provincia, con una potencia instalada de 1 MW.<sup>5</sup>

### **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.

---

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



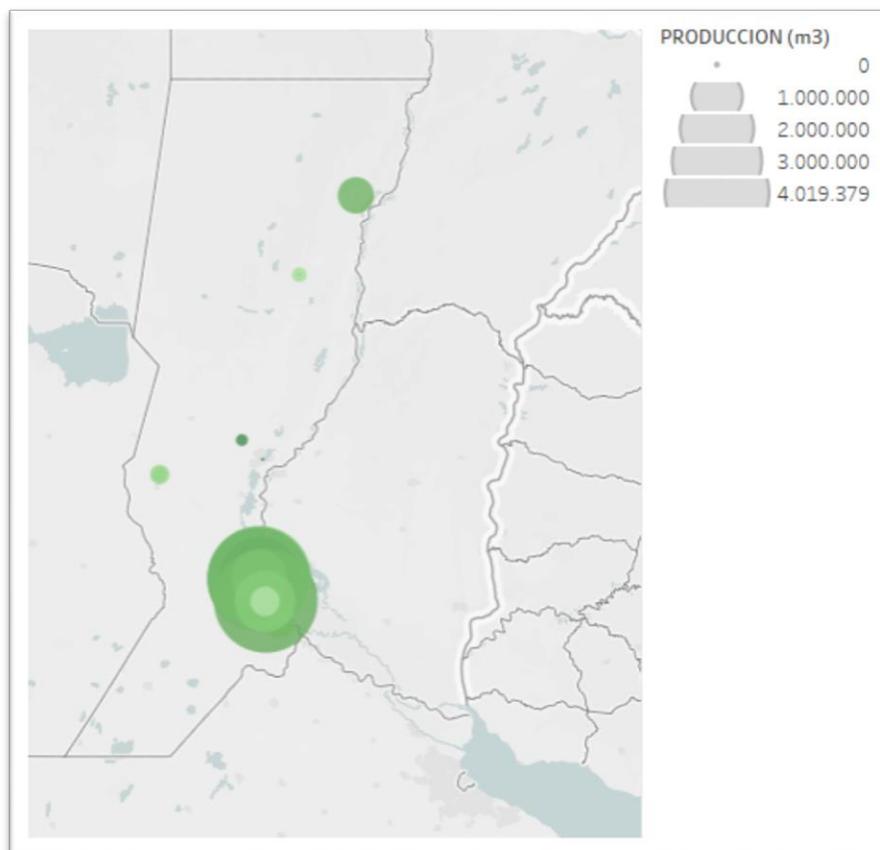
**Mapa II.ix. Red de líneas de transporte AT/MT eléctrica de SF**

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.<sup>6</sup>



**Mapa II.x. Distribución geográfica de la producción de biodiesel (m<sup>3</sup>), provincia de Santa Fe 2010-2021.**

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

<sup>6</sup> [https://datos.gob.ar/dataset/energia-estadisticas-biodiesel-bioetanol/archivo/energia\\_a0939bc9-81c8-47c7-99d7-b11c4e7fc457](https://datos.gob.ar/dataset/energia-estadisticas-biodiesel-bioetanol/archivo/energia_a0939bc9-81c8-47c7-99d7-b11c4e7fc457)