

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

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

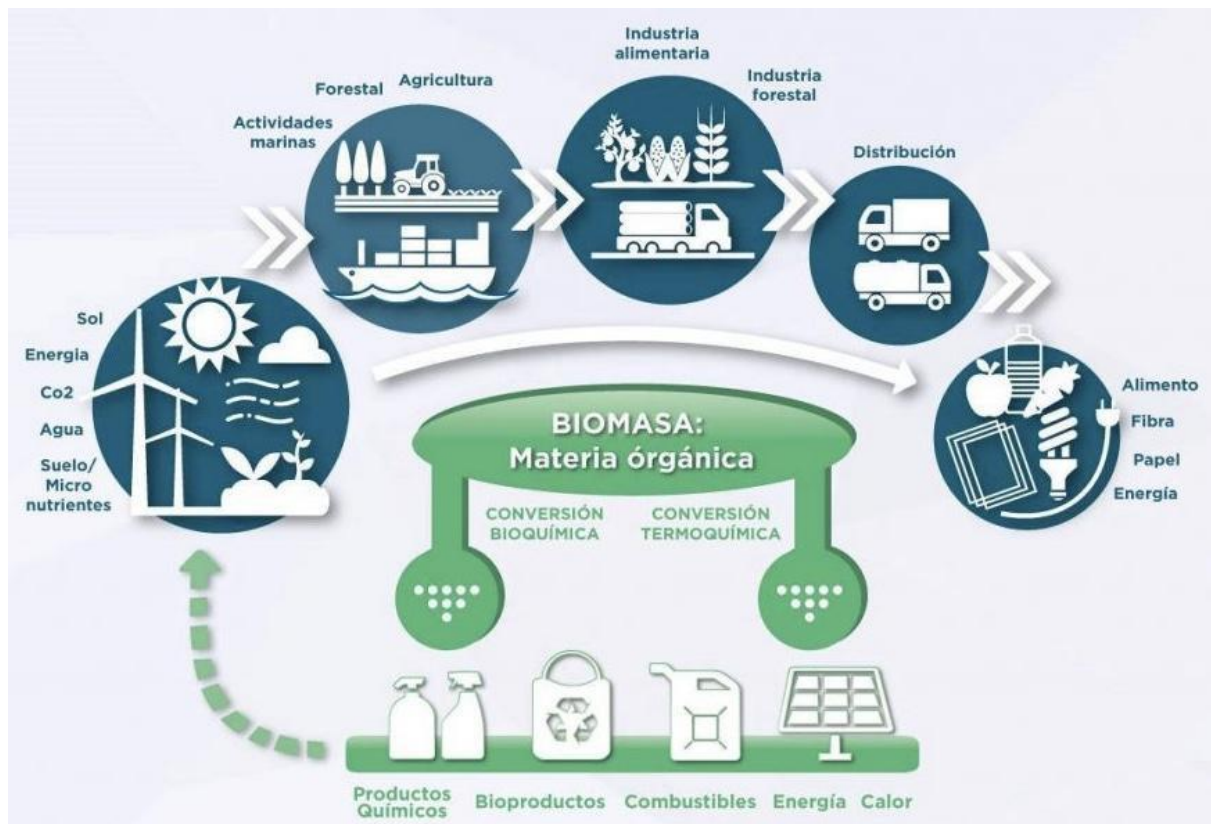


Figura III.v. Ciclo de la bioeconomía.

Fuente: web CIPIBIC

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

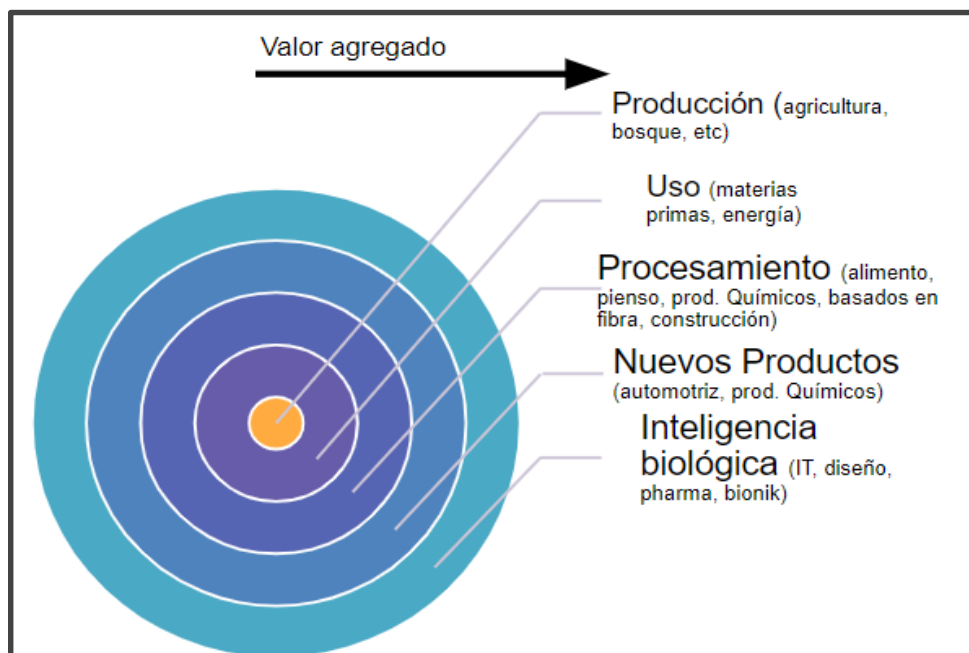


Figura III.vi Aprovechamiento en cascada de la biomasa

Fuente: web CIPIBIC

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

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

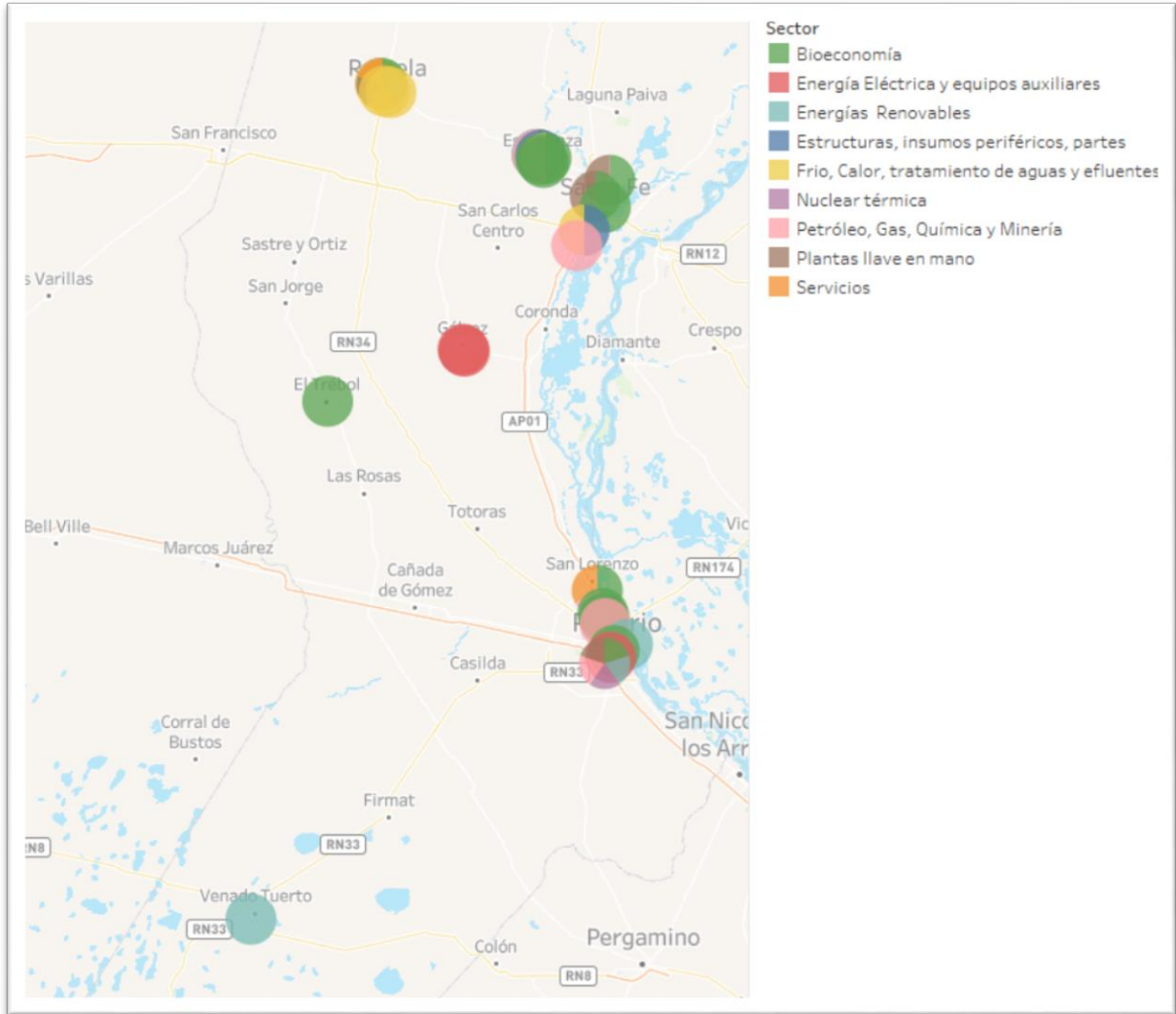
Tabla III.v. Sectores y productos ligados a la bioeconomía en los que participa la industria nacional de bienes de capital

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

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

Fuente: elaboración propia en base a datos aportados por CIPIBIC

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

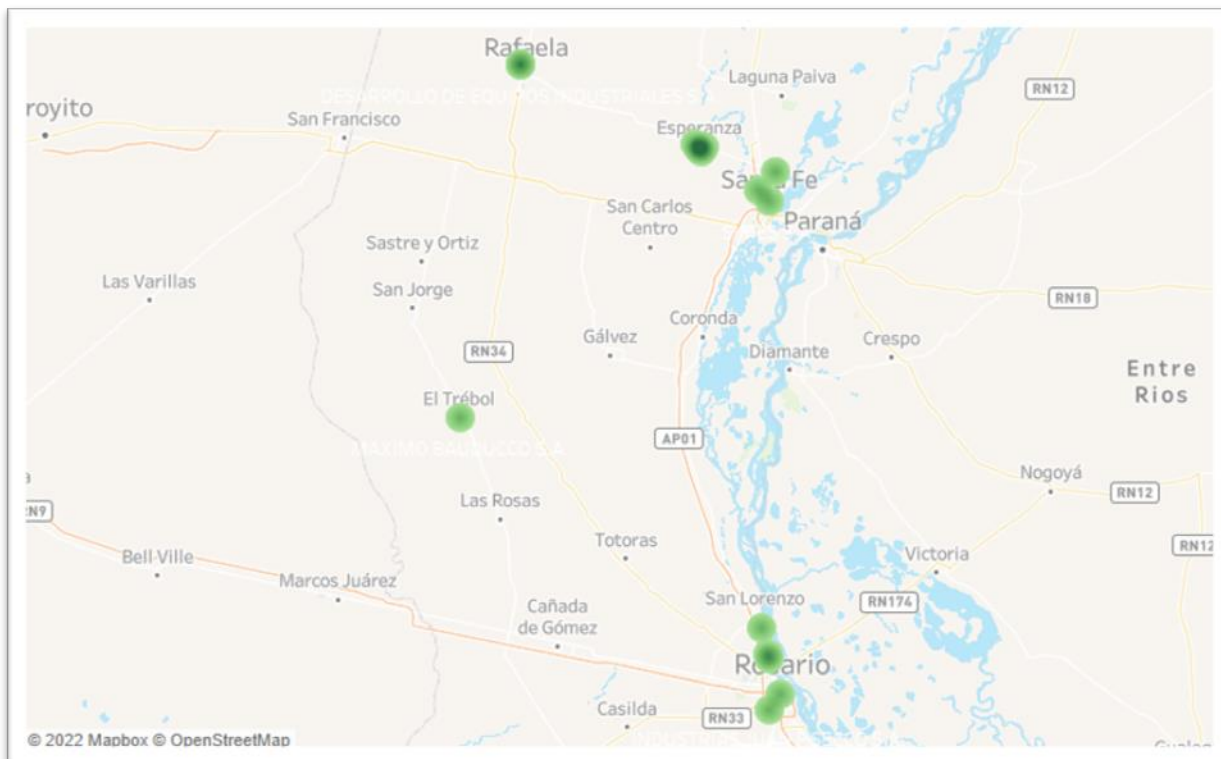


Mapa III.iii. Distribución de empresas productoras de bienes de capital por sector- Provincia de Santa Fe.

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

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

III.iii.i Bioeconomía



Mapa III.iv Distribución empresa por producto: Bioeconomía

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

Tabla III.vi Distribución empresa por producto: Bioeconomía

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

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

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

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

III.iii.ii Energía Eléctrica y equipos auxiliares



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

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

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

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

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

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

III.iii.iii Energías Renovables



Mapa III.vi Distribución empresa por productos: Energías Renovables

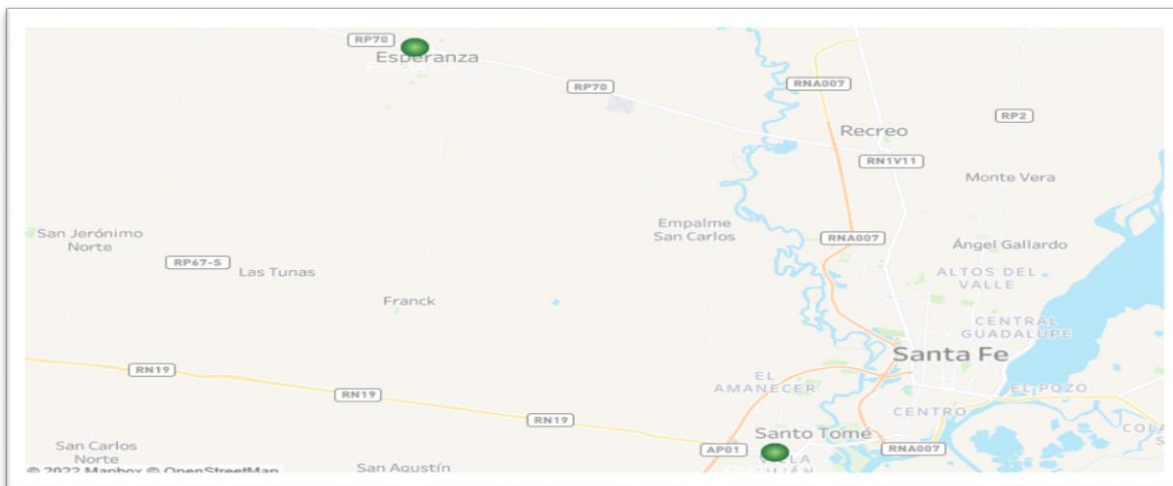
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

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

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

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

III.iii.iv Estructuras, insumos periféricos, partes



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

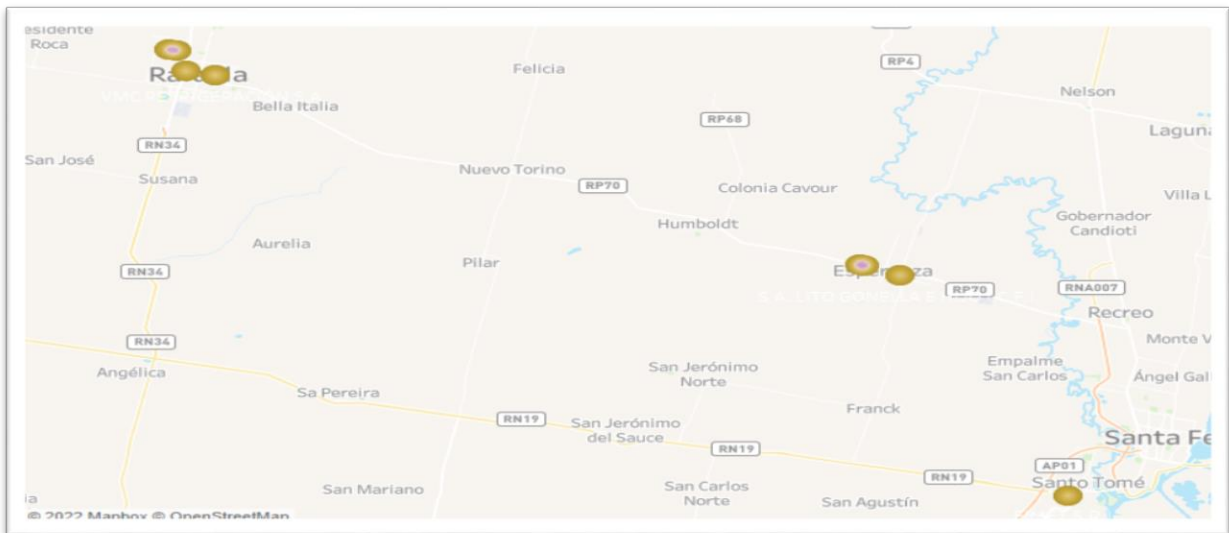
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

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

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

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

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



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

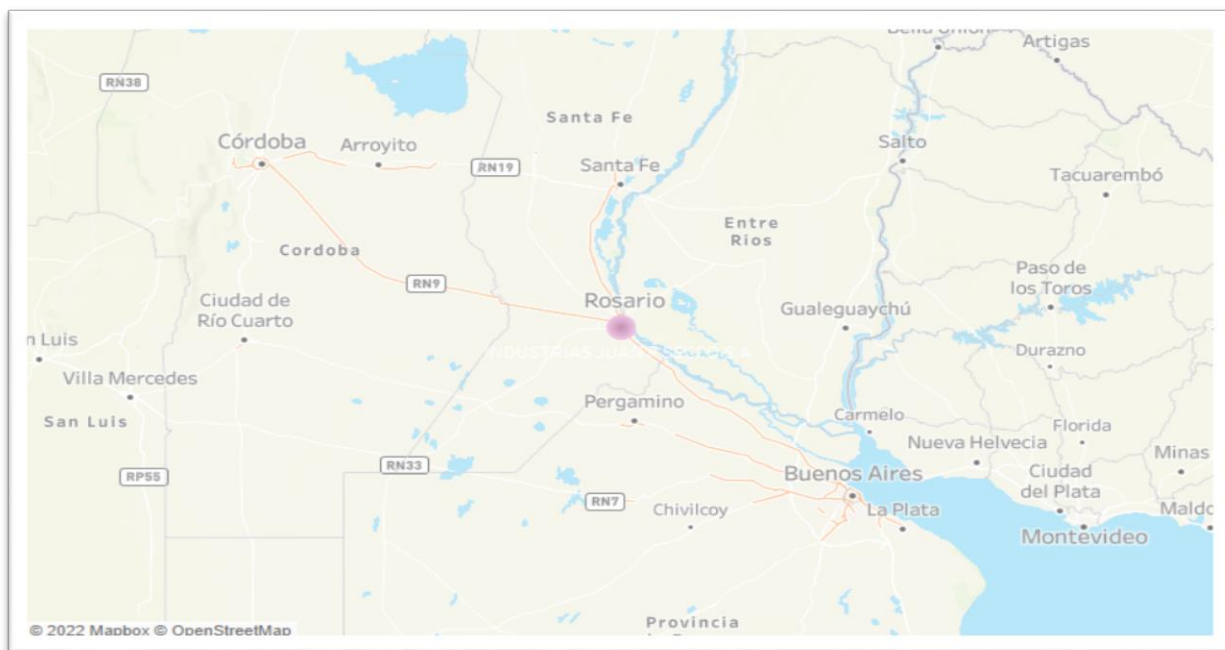
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

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

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

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

III.iii.vi Nuclear térmica



Mapa III.ix Distribución empresa por producto: Nuclear térmica

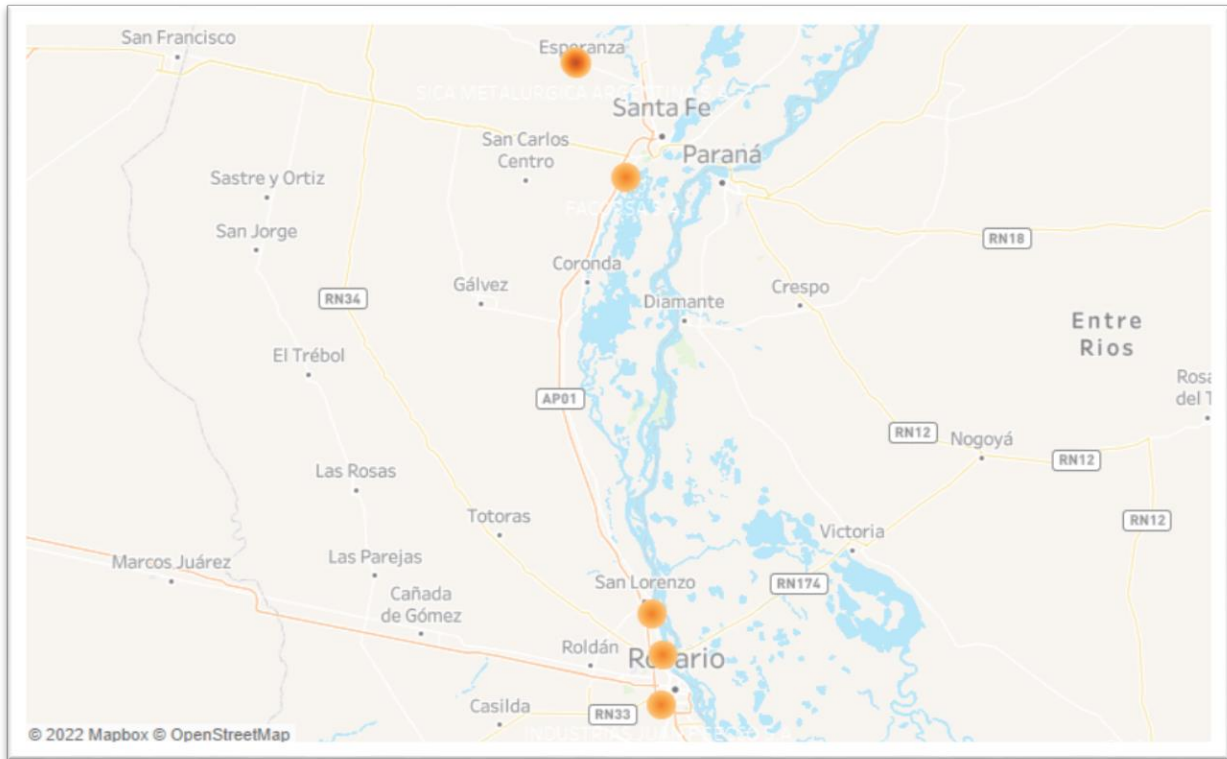
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

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

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

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

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



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

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

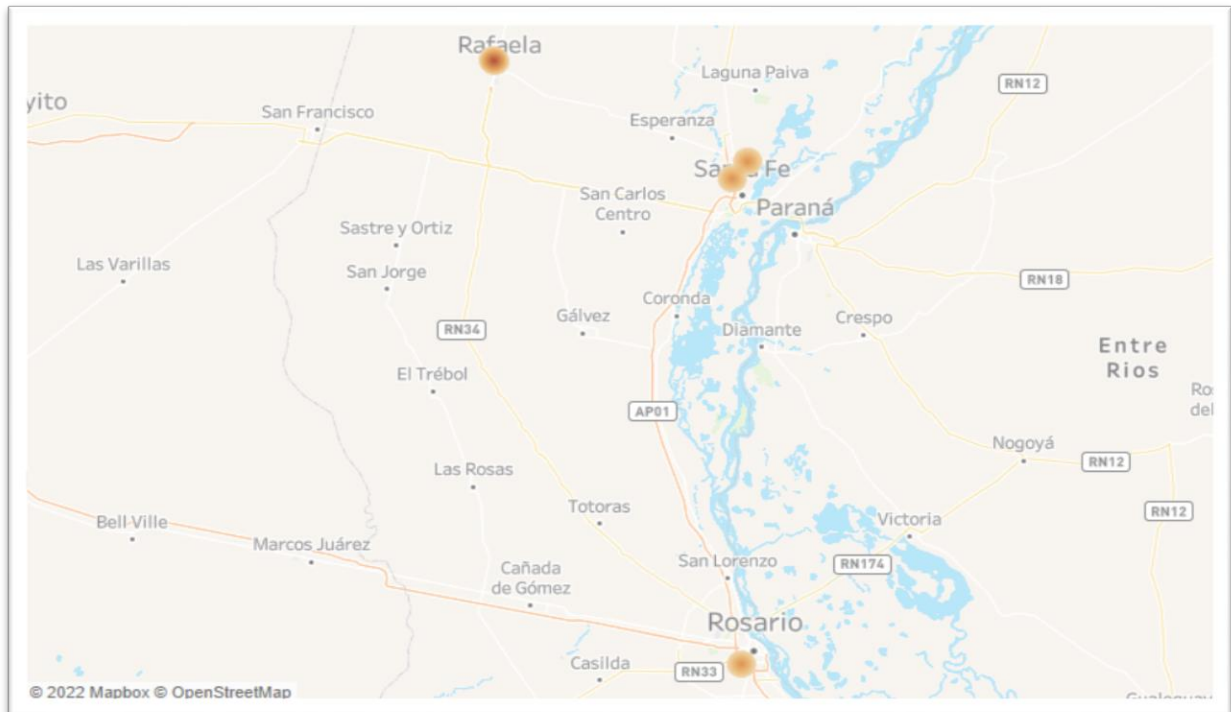
Tabla III.xii: Distribución empresa por producto: Petróleo, Gas, Química y Minería

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

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

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

III.iii.viii Plantas llave en mano



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

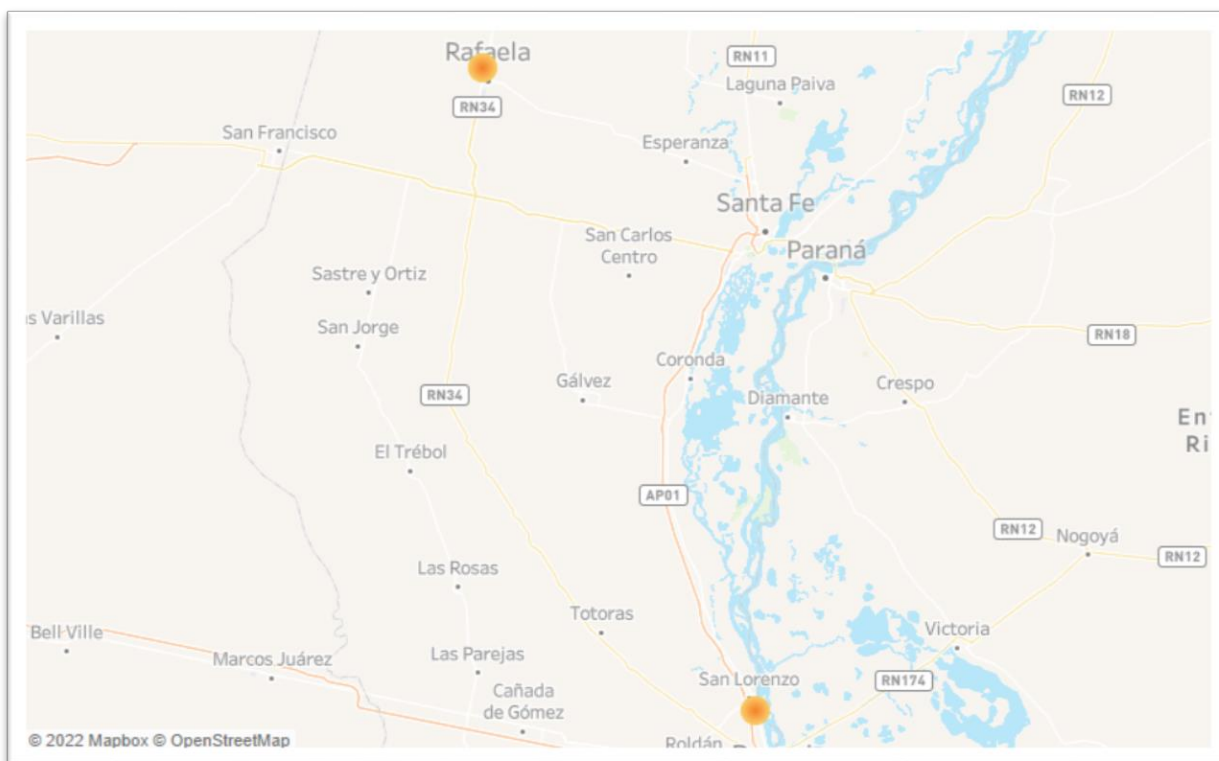
Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por CIPIBIC.

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

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

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

III.iii.ix Servicios



Mapa III.xii Distribución empresa por producto: Servicios

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

Tabla III.xiv: Distribución empresa por producto :Servicios

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

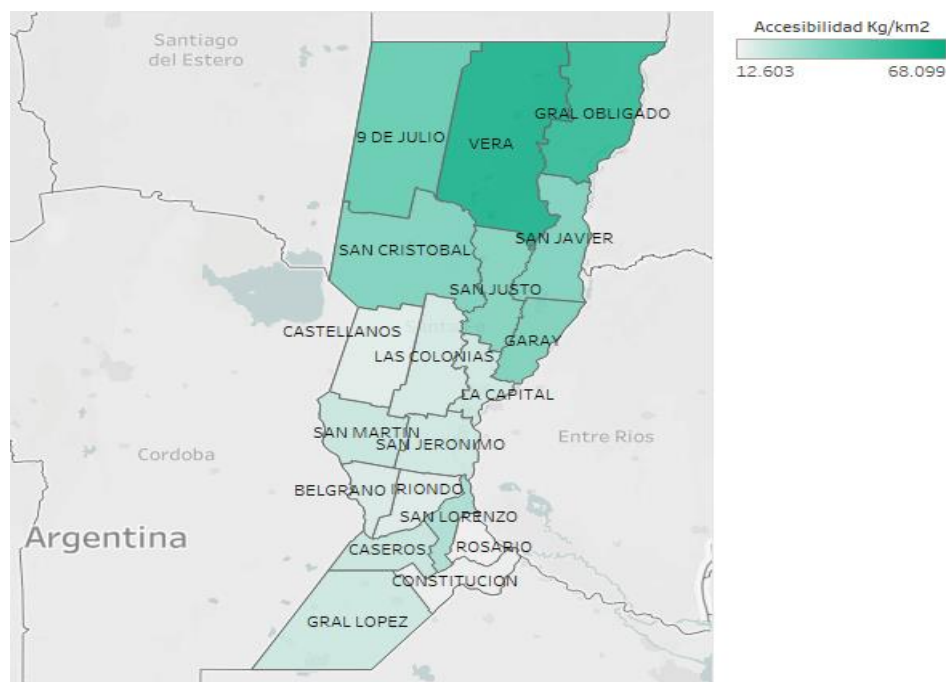
IV. ALGUNOS RECURSOS POTENCIALES PARA LA BIOECONOMÍA EN SANTA FE Y DRIVERS DE SU EVOLUCIÓN

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

IV.i Recursos biomásicos

IV.i.i Biomasa

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



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

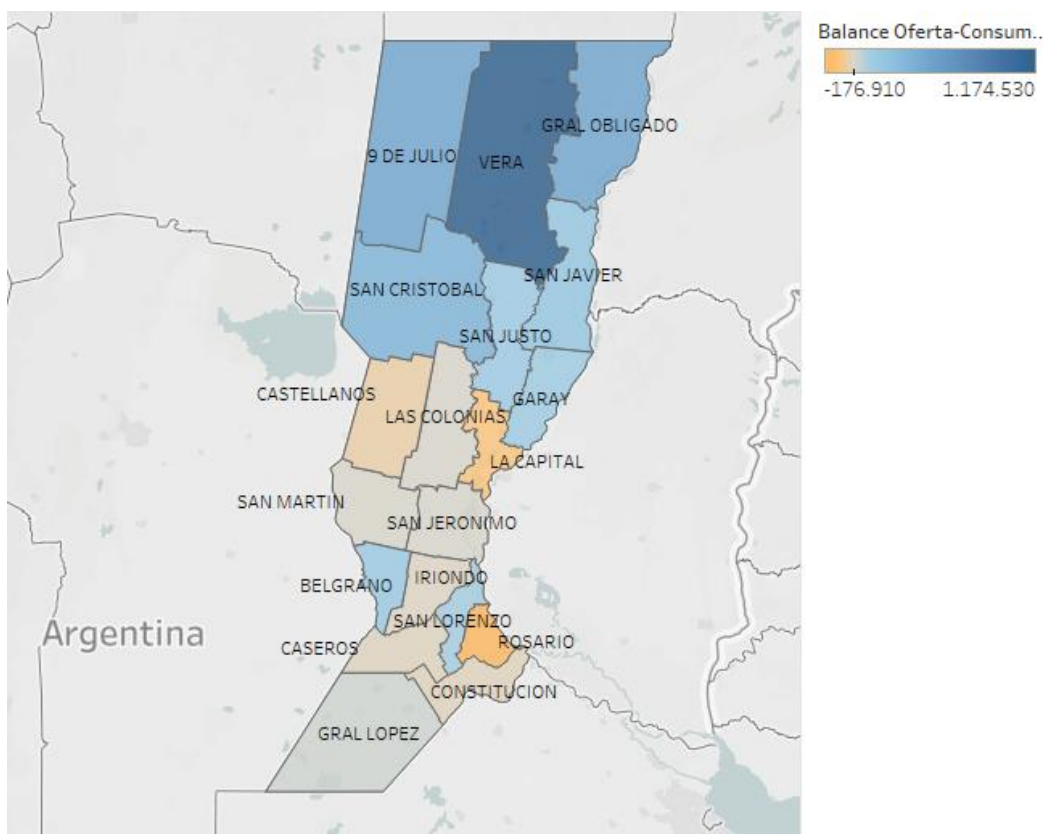
Fuente: elaboración propia según datos de SIG Secretaría de Energía.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

IV.i.ii Cuencas de biogas

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

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

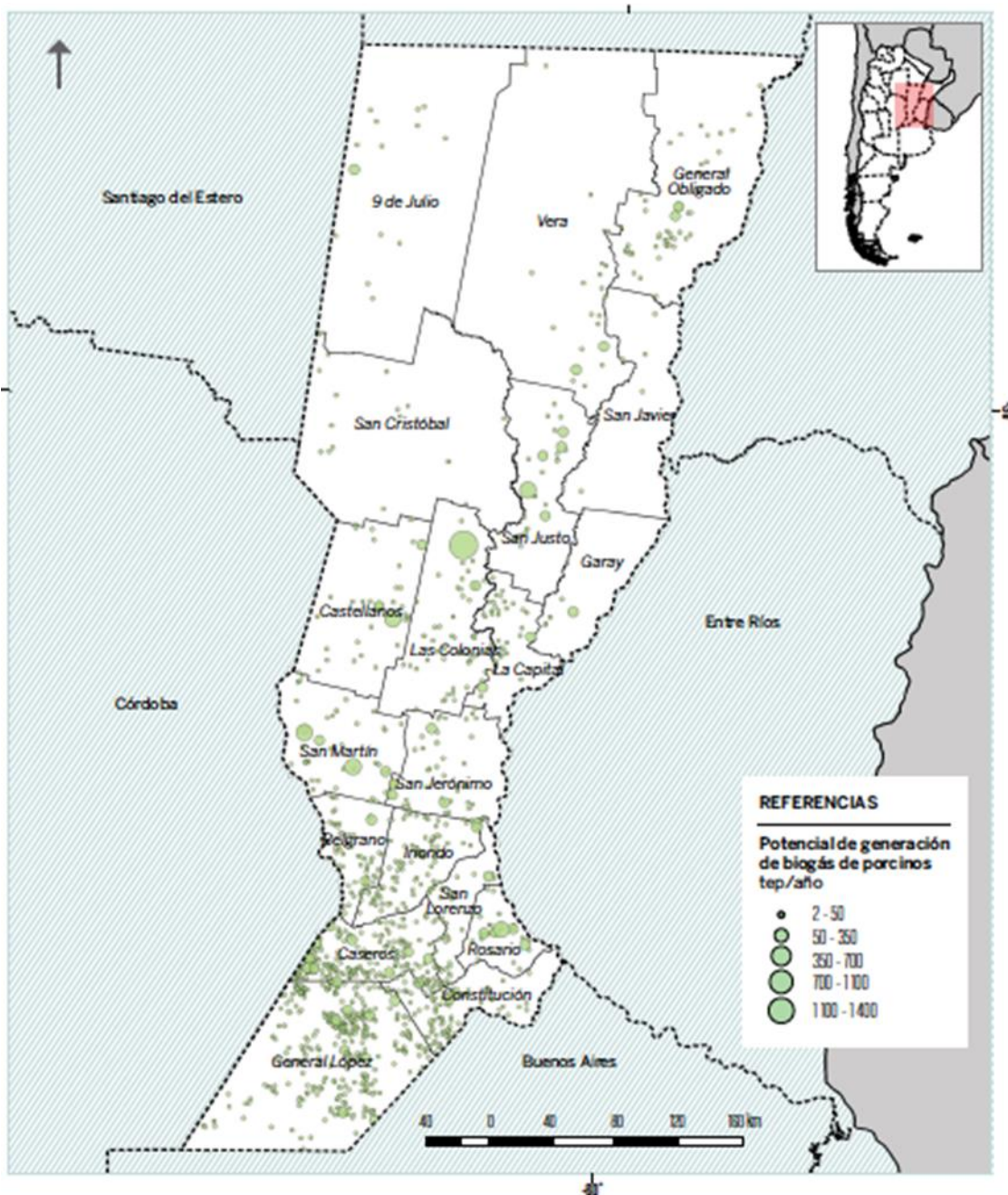


Figura IV.i Cuenca de biogás potencial producto de producción porcina.

Fuente: FAO 2019

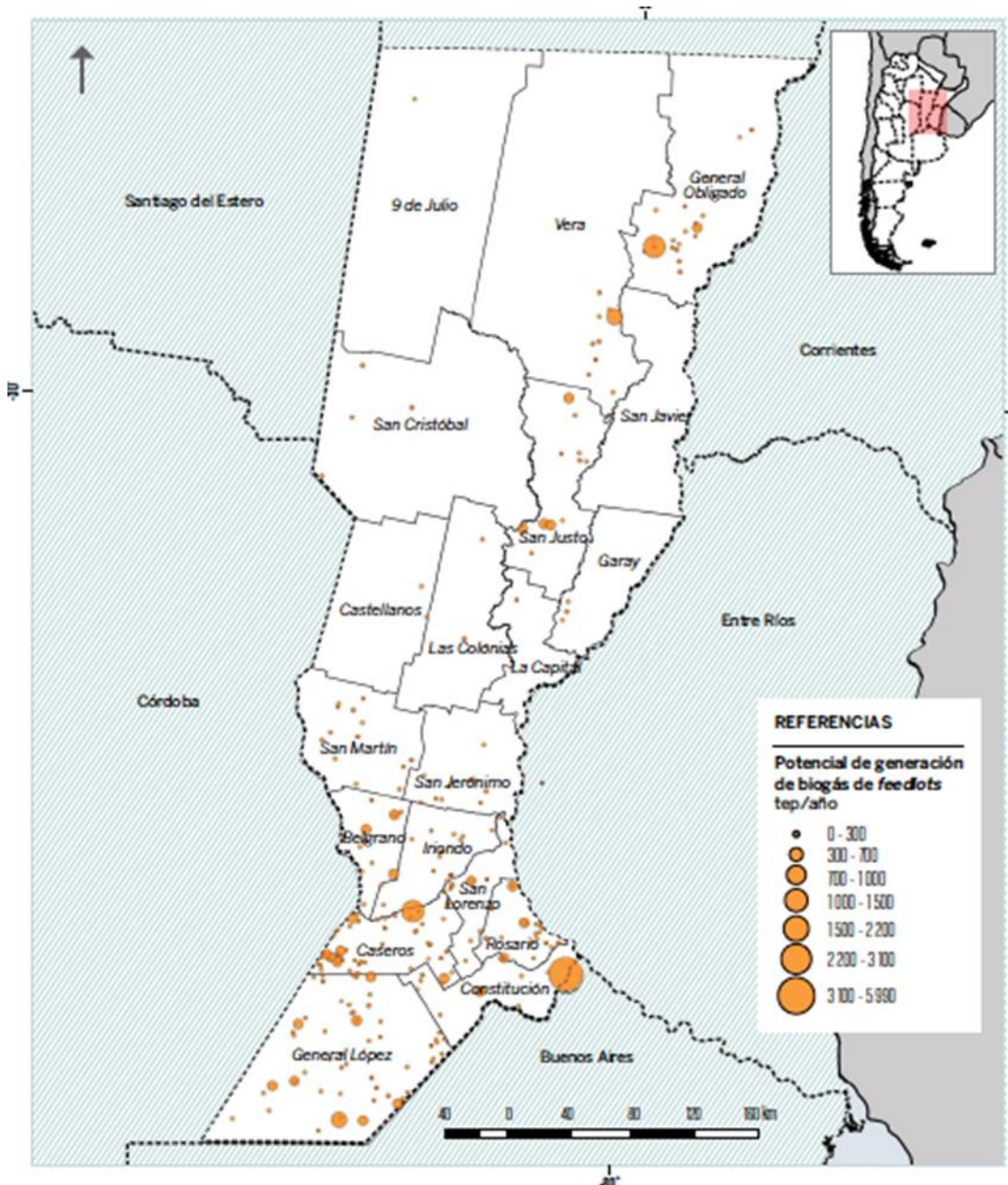


Figura IV.ii Cuenca de biogás potencial producto de producción bovina en

Fuente: FAO 2019

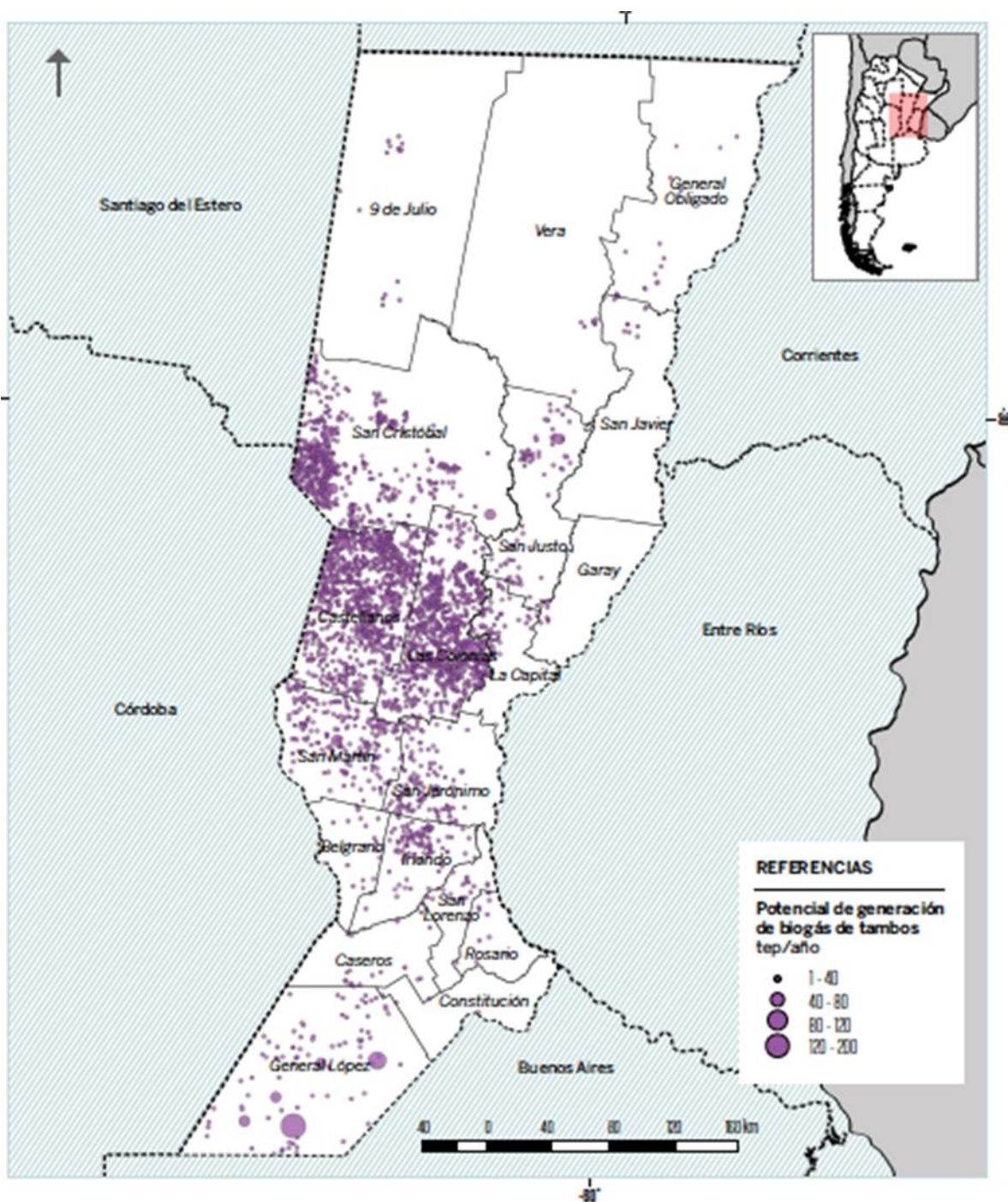


Figura IV.iii Cuenca de biogás potencial producto de tambos.

Fuente: FAO 2019

IV.iii Drivers de la evolución de la bioeconomía

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

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

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

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

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

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

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

Entre ellas, podemos señalar:

Revolución industrial 4.0

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

Diversificación de la matriz energética global

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

Mudanza de riqueza y capacidades tecnológicas a países emergentes

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

Nuevos hábitos y preferencias de los consumidores

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

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

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

Exigencias crecientes de acceso a mercados

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

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

Cambio climático

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

Intensificación sostenible de la producción

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

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

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

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

Fuerzas Impulsoras

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

Tabla IV.iii Fuerzas impulsoras

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

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

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

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

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

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

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

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

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

V.i Antecedentes

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

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

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

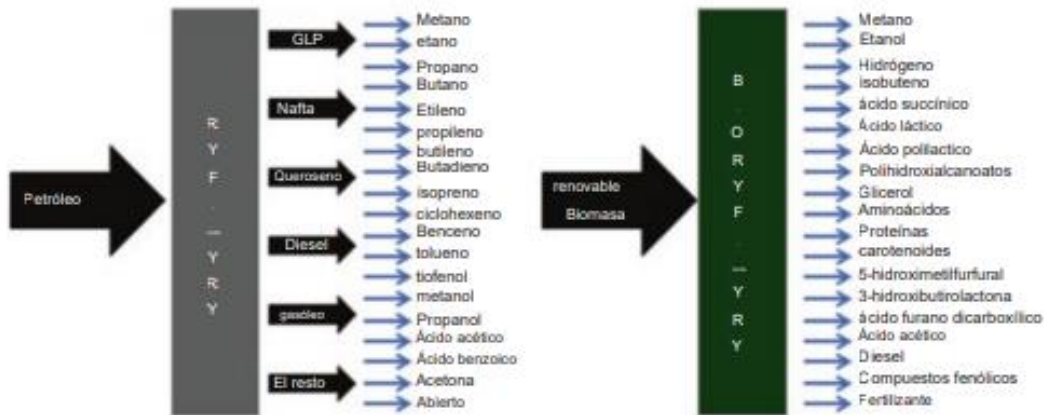


Figura V.i Resumen de productos y compuestos químicos que se pueden obtener en una refinería tradicional a base de petróleo y en una biorrefinería

Fuente: Elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico

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

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

V.ii Las biorrefinerías

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

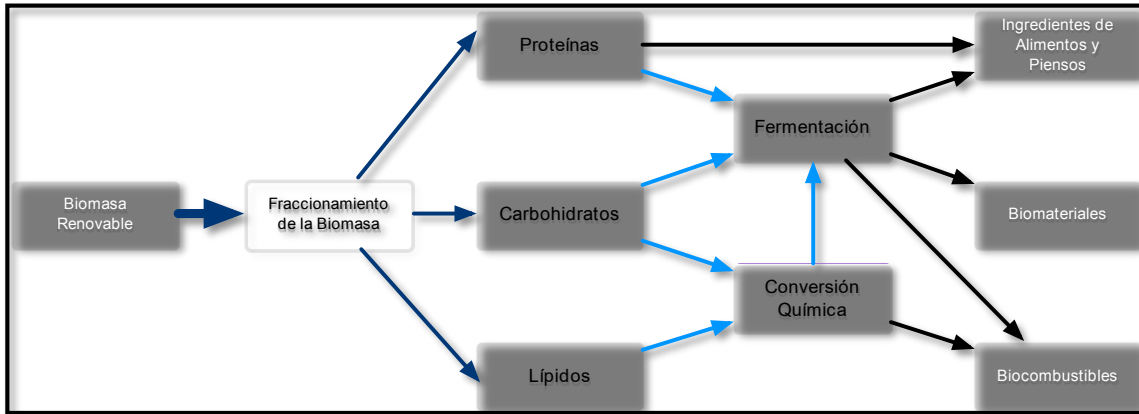


Figura V.ii. Tratamientos químicos, físicos y/o biológicos antes y después del uso de fermentación de biomasa para la producción de componentes con valor agregado.

Fuente: Elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico

V.ii.i Clasificación de las biorrefinerías

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

Biorrefinerías de primera generación

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

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

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

Biorrefinerías de segunda generación

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

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

Biorrefinerías de tercera generación

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

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

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

V.ii.ii Elementos estructurales

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

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

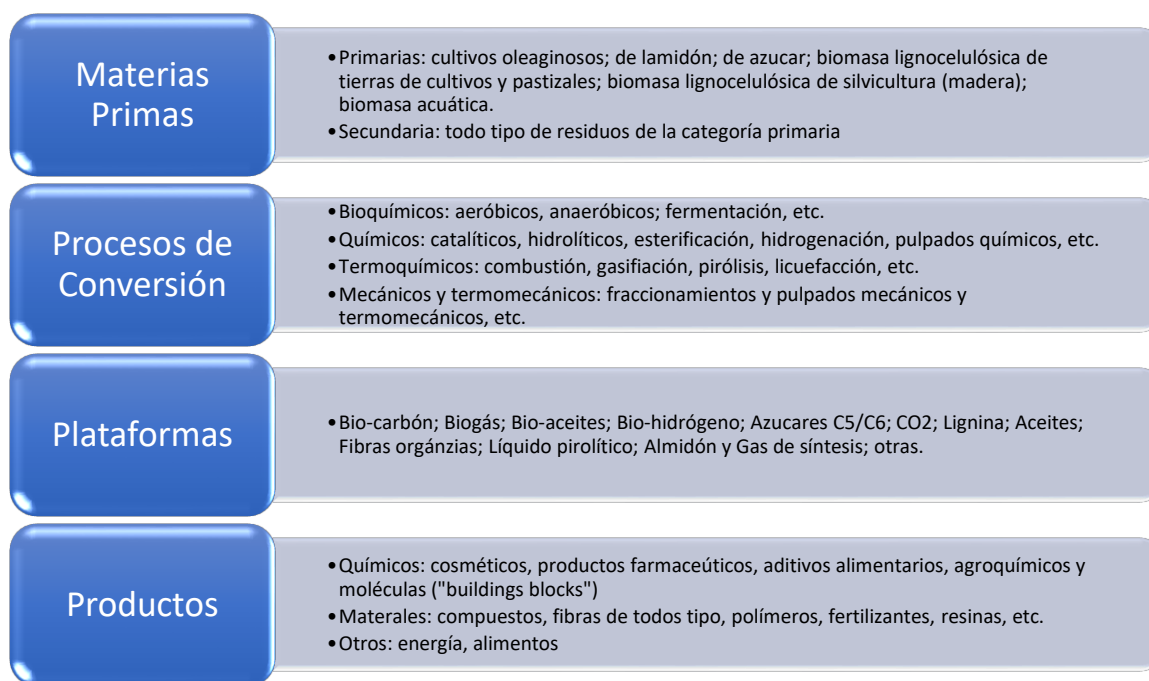


Figura V. iii Clasificación de biorrefinerías en función de elementos estructurales.

Fuente: elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico.

V.ii.iii Rutas de las biorrefinerías

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

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

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

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

Fuente: elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico.

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

V.iii Casos industriales

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

V.iii.i bioetanol de primera a tercera generación

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

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

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

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

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

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

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

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

V.iii.ii Biopolímeros

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

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

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

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

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

Ácido Poliláctico (PLA)

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

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

Tabla V.iii. Biorrefinerías de ácido poliláctico.

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

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

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

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

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

Polihidroxialcanoatos (PHA)

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

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

Tabla V. iv Biorrefinerías polihidroxialcanoatos.

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

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

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

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

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

V.iv Bloques de construcción bioquímicos

V.iv.i introducción

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

Ácido Furandi Carboxílico (FDCA)

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

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

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

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

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

¹⁴ Departamento de Energía de EE.UU:

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

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

Ácido Levulínico (LVA)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Hidroxi Butirolactona (3-HP)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ácido Succínico

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

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

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

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

Tabla V.viii. Biorrefinerías de ácido succínico.

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

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

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

BIO-ISOBUTANOS

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

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

Tabla V.ix. Biorrefinerías de bio-isobutanos.

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

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

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

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

V.v Biorrefinerías de microalgas: tercera generación

V.v.i Producción de microalgas

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

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

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

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

V.v.ii Producción de espirulina

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

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

V.v.iii Cosméticos

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

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

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

V.v.iv Producción de biofertilizantes

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

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

CAPÍTULO VI OPORTUNIDADES DESDE LA QUÍMICA VERDE PARA SANTA FE

VI.i Introducción

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

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

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

VI.ii Santa Fe y las ventajas competitivas

Condiciones de los factores

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El “diamante” de la competitividad

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

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

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

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

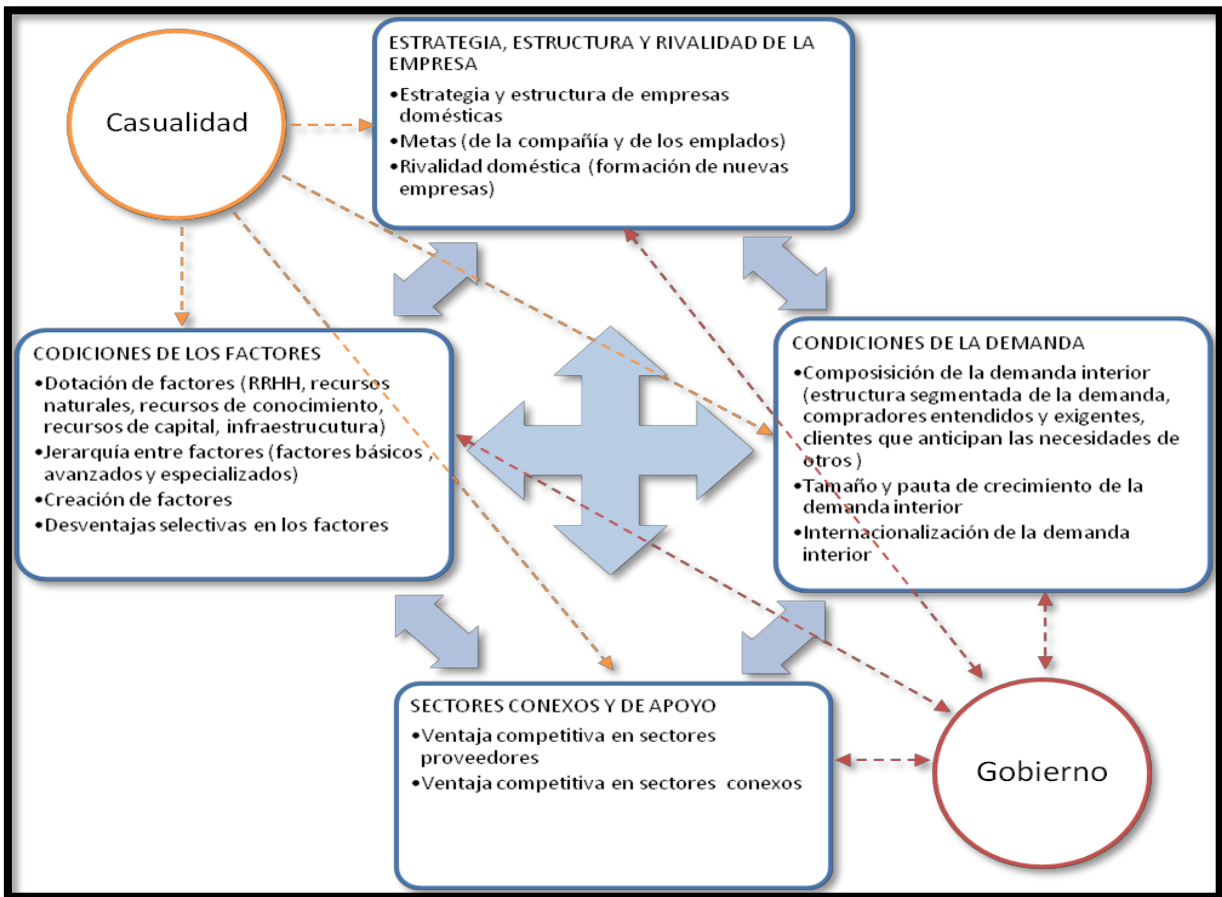


Figura VI.i Diamante de la competitividad de Porter

Fuente: Porter (1990)