

- Decisiones políticas de gobiernos extranjeros;
- Guerras.

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

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

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

### **El papel de los gobiernos**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Tabla VI.i Etapas de la competitividad**

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

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

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

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

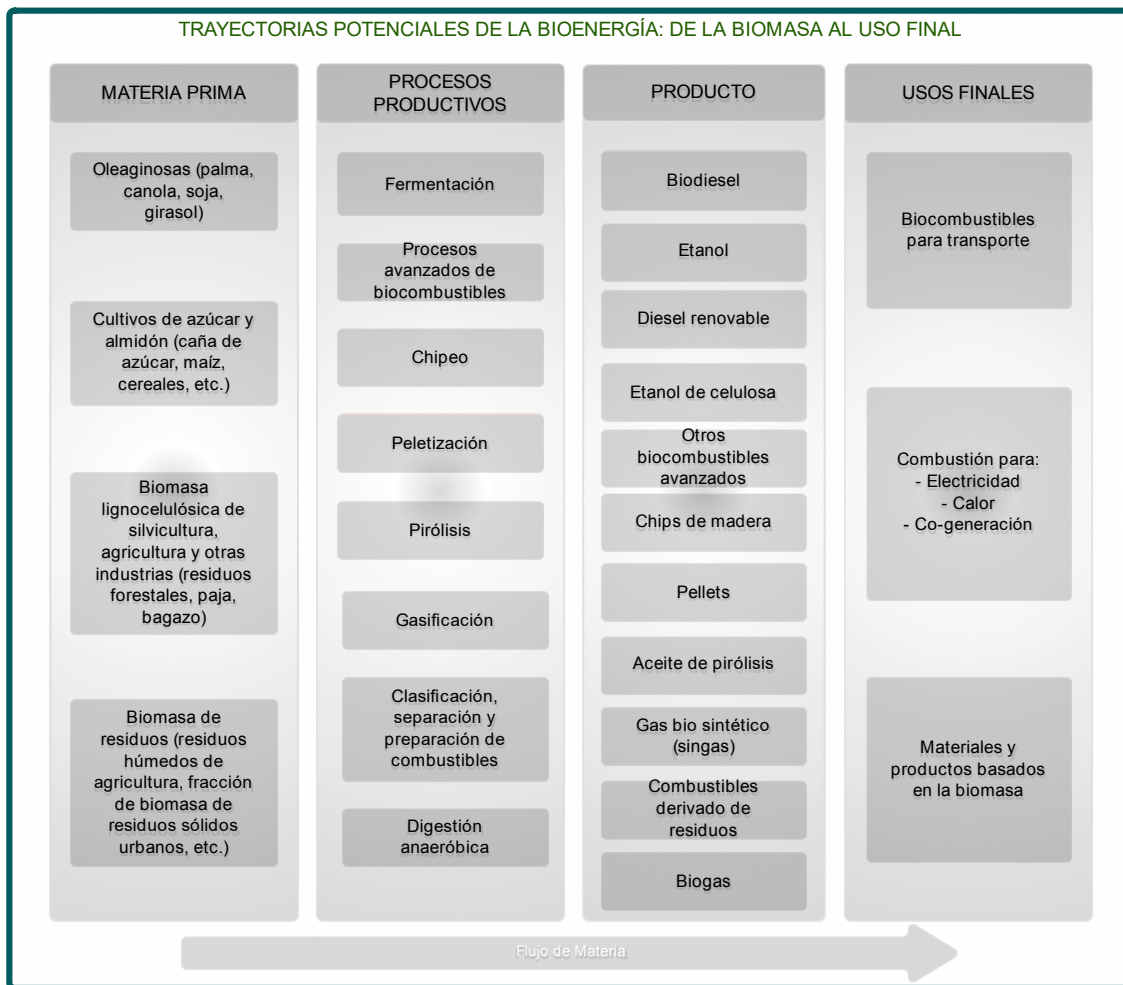
Por ende, si se quieren maximizar los efectos desarrollo, los espacios de mayor interés en lo que hace a biorrefinerías, se deben construir políticas que busquen trabajar aguas arriba y aguas abajo de la cadena de valor de las mismas. En lo que compete al presente trabajo, el foco recaé en la innovación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

### **VI.iii Biocombustibles, punto de partida**

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

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

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

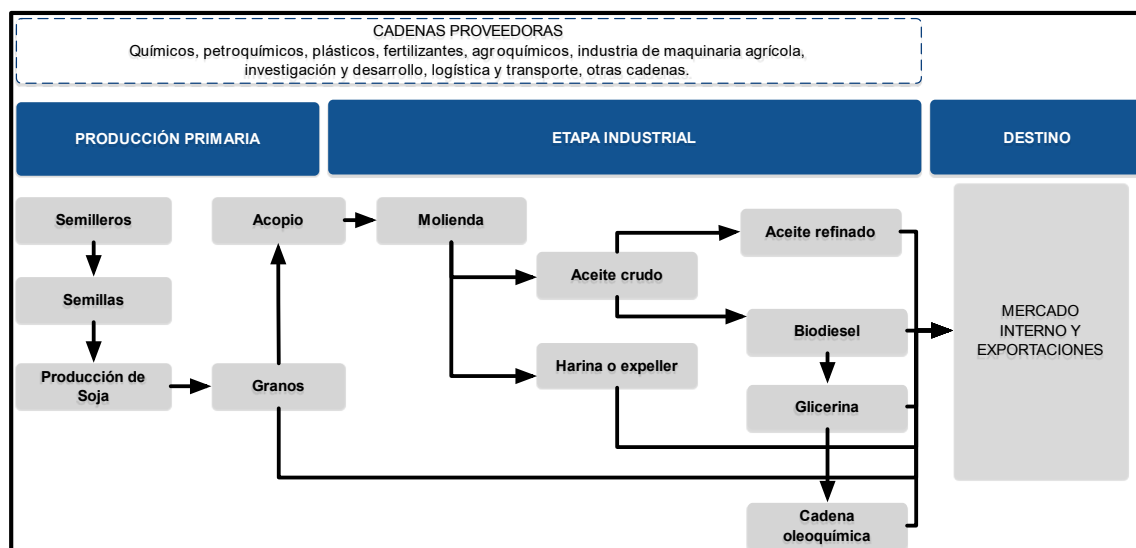


**Figura VI.ii. Trayectorias potenciales de la bioenergía de la biomasa al uso final.**

Fuente: Elaboración propia en base a relevamiento bibliográfico

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

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



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

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

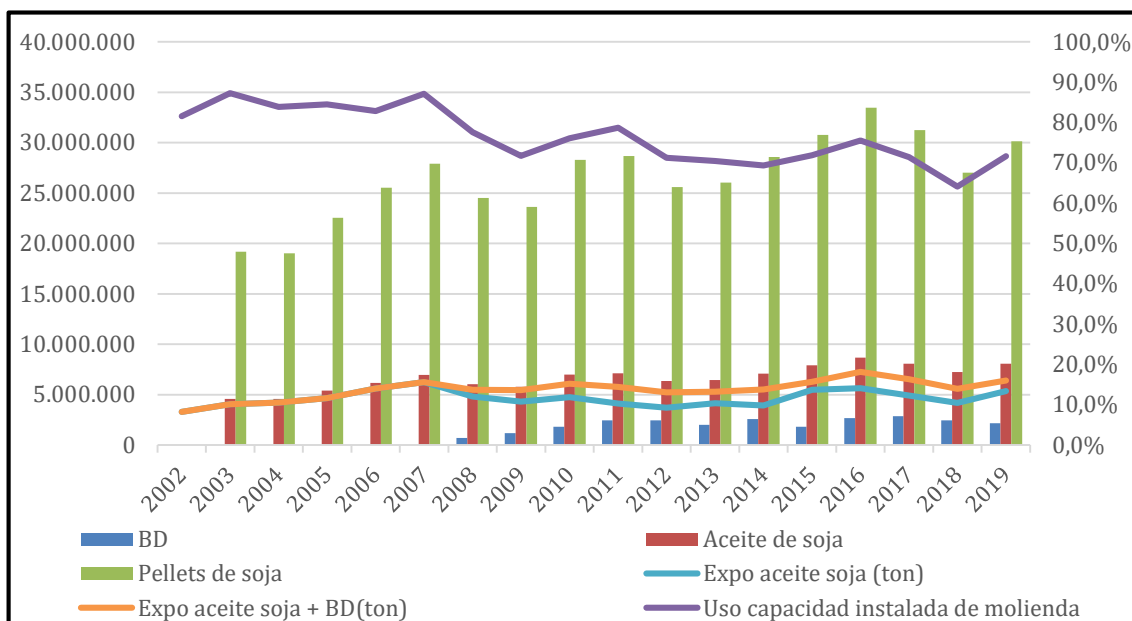


El siguiente paso es procesar el aceite de soja con la adición de metanol para elaborar el biodiesel, que deja como subproducto glicerina. Por cada tonelada de soja procesada se obtiene un 0,19 tonelada de aceite, 0,78 tonelada de harina y 0,03 tonelada de desperdicio. Con 1,02 tonelada de aceite de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

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

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

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

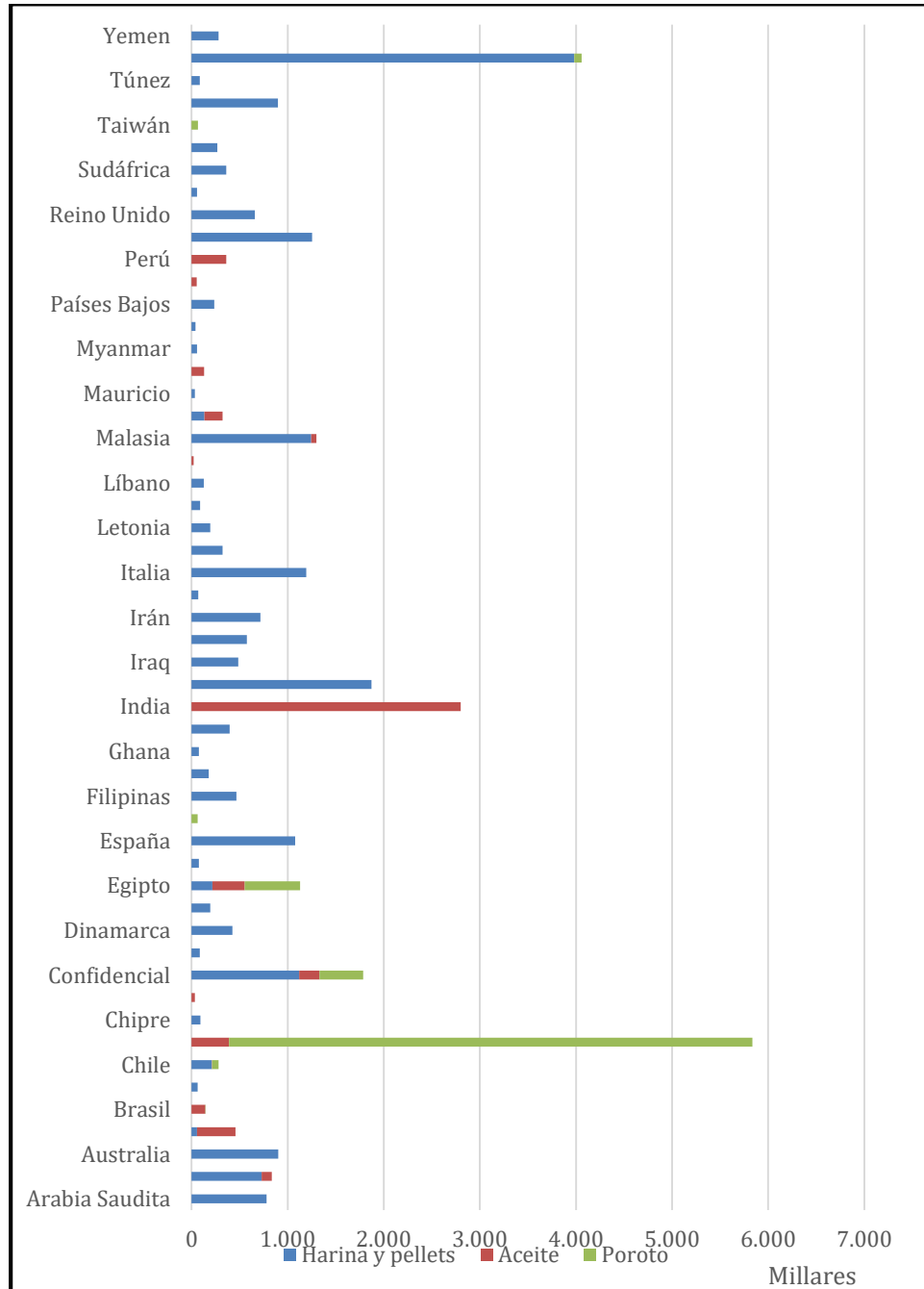


**Figura VI.iv Producción de biodiesel, aceite de soja, pellets de soja, exportaciones de aceite de soja, exportaciones de aceite de soja + biodiesel y uso de capacidad instalada de molienda de industria aceitera (en toneladas).**

Fuente: elaboración propia en bases de datos de Secretaría de Energía y MAGyP e INDEC.

La figura VI.iv muestra el desempeño del complejo sojero en lo que hace a la producción de derivados de la soja, y la exportación de aceite y biodiesel. Como se aprecia a partir de 2008 una porción del aceite de soja producido se ha dedicado a la producción de biodiesel, el cual ha contado con mercados de exportación todos los años, en tanto que a partir del año 2010 comenzó el corte obligatorio del gasoil con biodiesel, destinándose una parte del aceite a su elaboración.

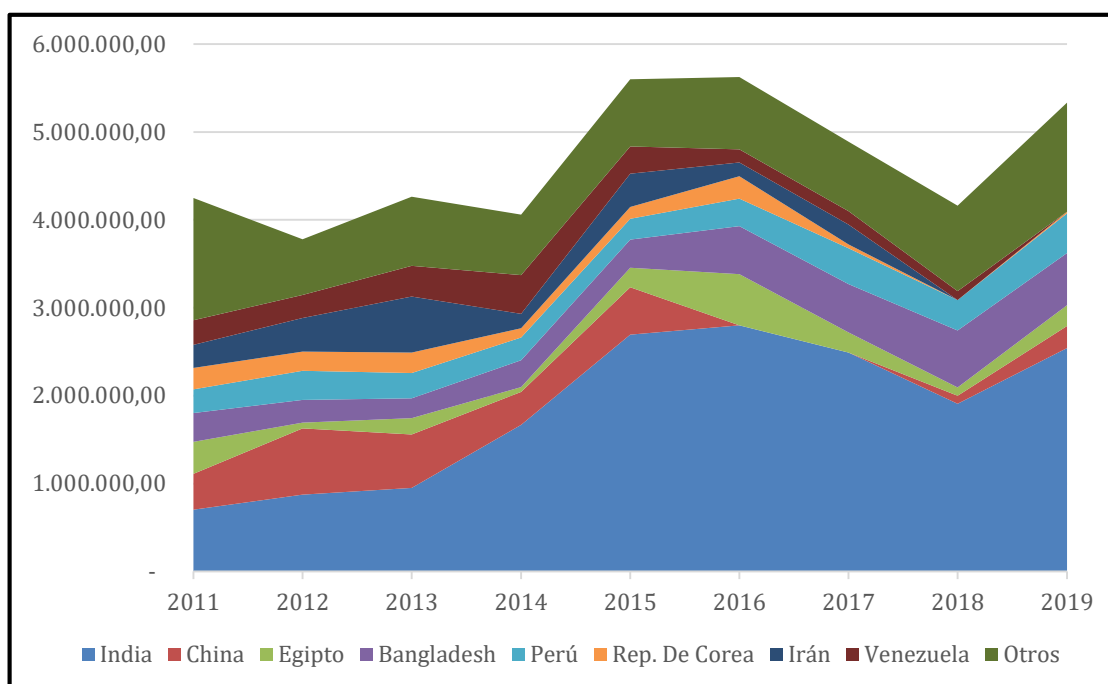
Es importante recalcar que, la producción de biodiesel no se ha hecho a expensas de la exportación de aceite de soja, sino que se ha hecho -como se observa- sobre la expansión de la producción de aceite de soja en un contexto mundial que ha ampliado también la capacidad de molienda de soja y que ha tendido a primarizar las exportaciones de países productores de materias primas.



**Figura VI.v. Exportaciones del complejo sojero por destino en millones de toneladas por año para 2020 (no incluye diciembre).**

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.

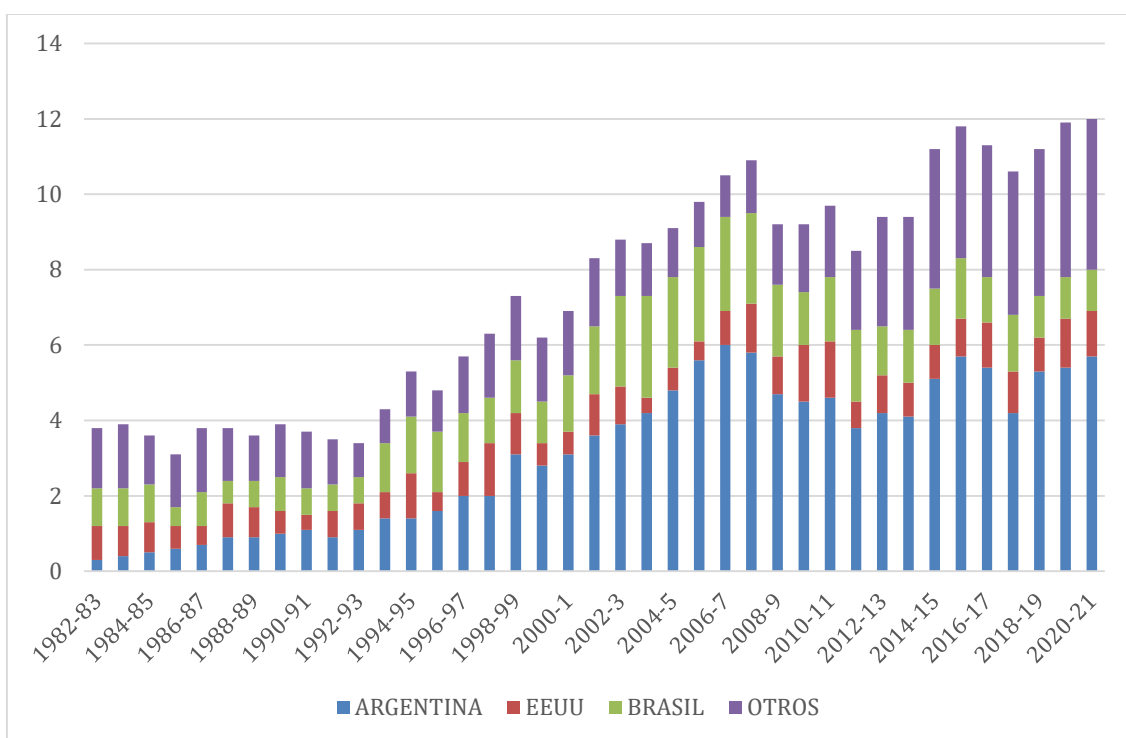
Como se puede apreciar en la figura VI.v el producto de exportación del complejo sojero que presenta mayor diversificación es la harina de soja, en tanto que el poroto se exporta en su amplia mayoría a China, y el aceite se explica casi en un 50% por India, aunque presenta una diversificación mayor que el poroto. No está de más recordar que, ante la fuerte primarización de las exportaciones a China, debida a la estrategia del mismo de agregar valor de manera local, y con una presencia en importaciones principalmente de bienes industriales por parte de nuestro país, nos encontramos ante una estructura de comercio bilateral que nos pone en una creciente situación de desventaja y dependencia, lo cual para su mitigación requiere de la diversificación de destinos de nuestras exportaciones a la vez que el mayor agregado de valor posible en trayectorias tecnológicas que permitan abrir el desarrollo de nuevos productos y nichos.



**Figura VI.vi Exportaciones de aceite de soja por destino en millones de toneladas por año.**

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.

En la figura VI.vi , que muestra el perfil de las exportaciones de aceite de soja en la década pasada, se aprecia con claridad que existe una fuerte dependencia de las compras de India en el mercado de aceite de soja, lo cual se ve reflejado en buena medida en la figura VI.iv al apreciar las fluctuaciones en la producción de aceite de soja que siguen los cambios en la demanda. Esta estructura comercial hace que la expansión en las exportaciones de aceite de soja esté fuertemente condicionada por unos pocos países, en tanto que en la harina de soja se puede apreciar una mayor cartera de países en los que exportar y mayor flexibilidad para colocar excedentes, pues se trata de un producto ampliamente demandado.



**Figura VI.vii. Estructura del mercado mundial de aceite de soja.**

Fuente: elaboración propia en base a BCR, 2021.

Observando la figura VI.vii es posible corroborar que, además de contar con una gran concentración, el mercado del aceite de soja responde a la demanda externa de manera directa, y así también, las exportaciones del país. Tales variaciones han sido seguidas por las exportaciones de Argentina en todas las ocasiones -salvo en casos de sequía- como se aprecia en las figuras VI.iv, VI.vi y VI.vii, hecho que es posible por la amplia capacidad de molienda del país, que siempre ha dispuesto de capacidad excedente. Como se aprecia entonces, el aceite de soja resulta un producto mucho menos dúctil para expandir las exportaciones que la harina de soja, a la vez que mucho más riesgoso desde el punto de vista de la alta dependencia de India.

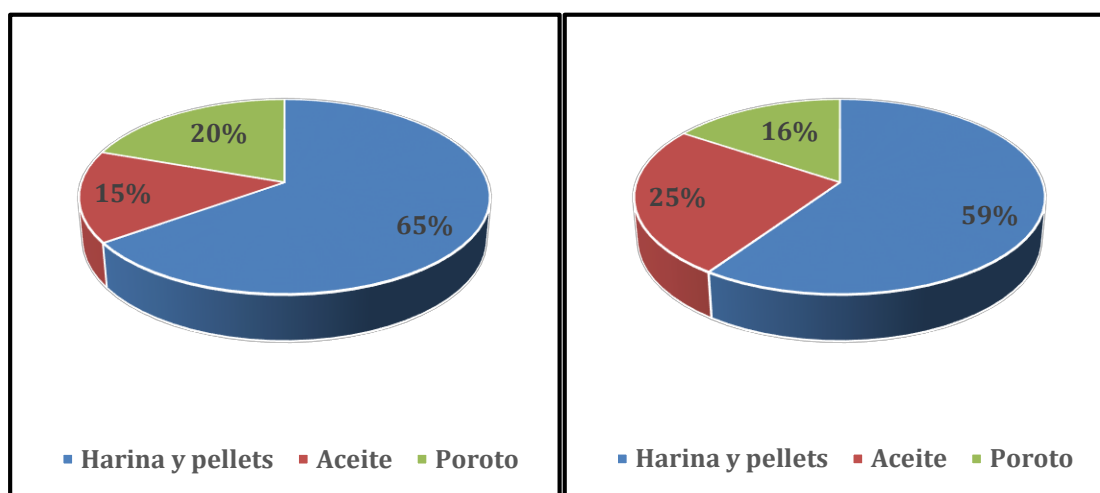
Nuestras exportaciones de poroto de soja a China (figura VI.v) van en contra de la posibilidad de exportar mayores productos elaborados, ya que la cercanía de China a nuestros mercados de aceite y harina de soja, su amplia capacidad de molienda, y su política de industrialización local configuran para el mediano plazo un juego de suma cero para Argentina, elemento que contribuye a la necesidad de repensar la estructura del comercio con dicho país y diversificar lo más posible los destinos de las exportaciones del complejo sojero a la vez que se bajan las exportaciones de productos sin elaborar.

La figura VI.viii contribuye a ilustrar el punto anterior, en tanto que en términos de valor y tonelaje la harina de soja muestra que es el producto que más aporta al comercio exterior del país, por lo cual la evidencia parece indicar que, la disponibilidad de mayor volumen de harina de soja para exportación, derivada del uso local de biodiesel, aporta a diversificar los destinos de exportación del país, disminuyendo la vulnerabilidad externa, y permitiendo el desarrollo local de industrias que agregan valor, generan impuestos y empleo, y evitan el gasto de divisas en la importación de combustibles.

Si bien la difusión masiva de los biocombustibles es relativamente reciente, no lo es su existencia. Por otro lado, desde el punto de vista del sector de refinados, el país tiene un déficit estructural de capacidad de refino en relación con la demanda interna, mucho más cuantioso en gasoil que en nafta.

Respecto de esto último, la aparición de los biocombustibles, cuya producción se asienta en cadenas de valor regionales, supone en términos de balance energético, una ampliación de la producción primaria (aceites y alcoholes) y secundaria (bioetanol anhidro y biodiesel) de energía, lo cual apuntala la balanza de pagos al requerir menos divisas para importaciones. Asimismo, desde el punto de vista de la descarbonización y la transición energética, la rápida difusión del uso de biocombustibles mediante la política de corte obligatorio ha supuesto un gran aporte a la descarbonización del transporte en el país, y la insinuación de un sendero posible en la transición energética en el transporte.

Entonces, a pesar de lo complejo, trataremos de hacer un balance entre la producción local de biodiesel y la sustitución de importaciones de gasoil con un ejercicio para pensar el rol del sector en la macroeconomía del país. En primer lugar, hay que señalar que no es posible hacer un balance directo porque la sustitución no es lineal, y las alternativas de escenarios para pensar los impactos son múltiples.



**Figura VI.viii Exportaciones porcentuales del complejo sojero para 2020 en toneladas (izquierda) y VALOR FOB (derecha) (no incluye diciembre).**

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.

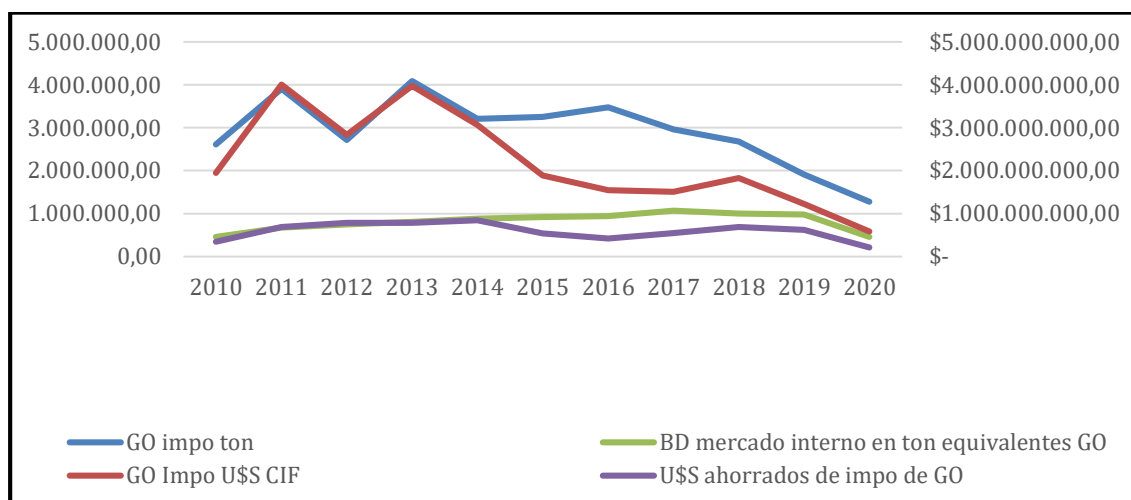
Ello porque si se deja de hacer biodiesel para mercado interno, al demandarse internamente menos soja para aceite es posible que se exporte más aceite de soja, pero también es factible la explicación de que, se muele menos y se exporte más grano, o que, al desaparecer la demanda interna de aceite, se pierdan destinos de exportación de harina de soja, ya que el mercado de exportaciones de biodiesel es inelástico con tendencia a contraerse<sup>15</sup>, y la demanda externa de aceite

<sup>15</sup> Las exportaciones de biodiesel de Argentina han tenido que enfrentar en reiteradas oportunidades la imposición de medidas parancelarias y de dumping por parte de Europa y EE.UU.

de soja no es posible de regular por parte de nuestro país.

En todo caso la evidencia disponible apunta a que la mayor demanda interna de aceite de soja para biodiesel ha desarrollado mayor oferta de soja y capacidad de molienda (la figura VI.iv), más allá de que en los momentos iniciales del boom de las *commodities* de la primera década del siglo XXI la demanda de soja haya traccionado los primeros pasos. A modo de resumen entonces, la demanda interna de biodiesel parece ser tractor de expansión de la capacidad de moliendo y demanda de soja (acoplándose a la demanda internacional), lo cual ha redundado en una expansión del mercado interno y en mayores exportaciones de harina de soja, producto en el cual tenemos mayor margen de maniobra en el mercado externo.

Respecto del gasoil, como se observa en la figura VI.ix, en el periodo 2010-2020 las importaciones de gasoil han requerido una salida de divisas de 24.405 millones de dólares. Si se computa la producción de biodiesel para mercado interno en toneladas equivalentes de gasoil, se observa que la producción local de biodiesel ha supuesto un ahorro de divisas por 6.451 millones de U\$S para el periodo 2010-2020, a la vez que se puede suponer de manera razonable, que han contribuido a diversificar el perfil exportador del país (harina de soja), aumentar el volumen de exportación por el incremento de capacidad de molienda y de demanda de soja que han representado, y generar valor y empleo en origen, contribuyendo a un sector energético mucho más federal.



**Figura VI.ix. Importaciones de gasoil en TON (izquierda) y VALOR CIF (derecha) producción de bd para mercado interno en TON (izquierda) y divisas ahorradas en la importación de gasoil (derecha).**

Fuente: elaboración propia en base a bases de datos MAGyP e INDEC.



Para poner los datos en contextos, baste decir que, el gasoil importado en 2020 implicó U\$S 1.275 millones, y esto representan el 24% de las pérdidas netas de reservas del Banco Central del año, que fueron U\$S 5.300 millones. Como se comprenderá rápidamente, la sustitución de las importaciones de gasoil representa para el país un más que interesante aporte a la mitigación de la restricción externa. Como se discutirá más adelante, la clave reside en desarrollar mecanismos para restar volatilidad a los insumos del biodiesel, minimizar el traslado de precios de la soja al surtidor, y desarrollar nichos de exportación indirecta, es decir, regímenes especiales para sectores productivos que provean a mercados externos.

Si a todos estos elementos se añaden los beneficios ambientales del reemplazo del gasoil por biodiesel, tales como la baja de emisiones y la reducción drástica de particulados, sumamente dañinos para la salud, se puede apreciar que existe un campo de grandes oportunidades para desplegar una política de mayor alcance en el uso de biodiesel. Sobre todo, teniendo en cuenta que el mismo puede utilizar las infraestructuras existentes, permitiendo una aceleración de transición mientras se consolidan otras soluciones.

#### **VI.iii.ii Argentina en el entorno competitivo de la cadena oleoquímica**

El uso de biodiesel como combustible aparece como elemento potenciador de la macroeconomía del país y de su seguridad energética, permitiendo potenciar la industrialización de productos primarios a la vez que diversificar y fortalecer la estructura del comercio exterior del país. Por lo cual, un avance en el agregado de valor de los subproductos de su producción parece tener un sustento de largo plazo más allá de las problemáticas de corto plazo derivadas de las restricciones macro del país que afectan el mercado de biodiesel.

Asimismo, en la perspectiva de los biocombustibles en general, aparecen amplios potenciales de complementación con la actual y futura realidad del parque refinador del país, con lo cual su uso cuenta con sólidos fundamentos macro y en el sistema energético. En todo caso, se trata mas de una cuestión de alineamiento de políticas e incentivos que una cuestión de conveniencia macro del país.

A raíz de ello, el avance en el aprovechamiento en cascada de los subproductos del proceso productivo presenta una vía para seguir avanzando en el desarrollo de las biorrefinerías y las capacidades implicadas en su desarrollo, construcción, operación y mantenimiento, ya que se trata de un espacio en pleno desarrollo. Así, las oportunidades de negocios asociadas a la química verde, eslabón fundamental de la descarbonización para la industria química, ofrecen un espacio de gran amplitud para impulsar nuevos desarrollos.

En términos mundiales, la creciente demanda de biocombustibles de nueva generación, tales como el diesel verde o renovable o los combustibles sustentables de aviación, y el incipiente pero creciente mercado de productos químicos verdes, bajos en emisiones y de base biológica, marcan una firme tendencia hacia el desarrollo de mercados mundiales para productos producidos en biorrefinerías. Asimismo, esta demanda y el proceso de transición energética, crean la necesidad y el clima de innovaciones permanentes en productos y procesos que sean la base de nuevos aprovechamientos para la biomasa. Esta tendencia coloca al futuro desarrollo del sector de biorrefinerías, dentro de un segmento de alto valor agregado, pero también de gran intensidad en conocimiento.

En tal sentido, y teniendo en cuenta el fuerte recorrido del país en temáticas de lo que hoy se denomina bioeconomía, se cuenta con un punto de partida competitivo más que interesante para avanzar en eslabones de la cadena más intensivos en conocimiento y de mayor valor agregado. El desarrollo de la biotecnología en el país muestra ese sendero, aunque se puede apreciar en ella que existe ausencia de eslabones vitales para capturar mayores niveles de empleo y valor de forma local, tales como el diseño y construcción de los bienes de capital industriales asociados a los procesos, que constituyen buena parte del secreto industrial y la competitividad de dichos sectores.

A continuación, sobre la base de los conceptos de competitividad antes vertidos, se realiza un breve recorrido por la situación competitiva visualizada de cara al desarrollo futuro de la cadena oleoquímica en la provincia.

### **Estrategia estructura y rivalidad de las empresas**

Dentro del segmento de biodiesel el universo se divide entre las empresas integradas, o sea que cubren todos los eslabones de la cadena (acopio de granos, procesamiento, elaboración de biodiesel, exportación de todos los productos), y la son integradas, aquellas empresas que dependen de un productor de aceite para elaborar su producto. Respecto de las primeras, en tanto desarrolladoras algunas de tecnología t/o tomadoras otras, pero todas con amplio manejo de comercio exterior, poseen ventaja a la hora de identificar opciones, tendencias y/o mercados emergentes.

Respecto de las segundas, limitadas en el margen de juego de su negocio por la necesidad de comprar insumos a las primeras, tienen limitaciones a la hora de competir si lo han de hacer en mercados que participan las integradas, por ende, su estrategia competitiva se ve acotada a nichos, mercados emergentes o la asociación con otros jugadores de mayor porte y/o usuarios finales de los productos

a desarrollar.

En lo que hace al mercado de biodiesel se trata de mercados diferenciados para las empresas, ya que las integradas no pueden vender al mercado de corte obligatorio, con lo cual exportan, en tanto que las no integradas ven dificultadas sus posibilidades de exportación, que implicaría que compitan con las empresas integradas que le deben suministrar el insumo, el aceite de soja. Así entonces, esta situación crea asimetrías e incentivos que configuran un mercado muy competitivo desde el punto de vista del avance hacia nuevos segmentos de negocios en mercados no regulados, pero que permite estrategias competitivas diferenciadas.

En todo caso, buena parte de la rivalidad pasará a ubicarse en el futuro por la búsqueda de mercados y/o asociaciones estratégicas con usuarios finales de derivados, a la vez que la diferenciación de los productos en cuanto segmentaciones específicas que permitan mayor captura de valor. En el próximo apartado se señalan los principales usos la glicerina, que sirven como una buena aproximación al universo de potenciales asociaciones estratégicas de cara al futuro desarrollo del sector.

### **Condiciones de los factores**

El análisis de los recursos biomásicos y de los complejos productivos de la provincia han mostrado un panorama más que promisorio respecto de dotación de factores y potenciales insumos para el desarrollo de la bioeconomía en general y las biorrefinerías en particular. Asimismo, la situación geográfica de la provincia en cuanto a distancia de salida a mercados mundiales configura una situación muy ventajosa.

La singularidad del complejo sojero de la provincia de Santa Fe ofrece características que han favorecido el logro de economías de escala, tanto por la disponibilidad de altos volúmenes de materias primas, como por la capacidad de procesamiento y la logística que entrelaza la producción primaria con el complejo agroindustrial y los mercados exteriores. Se trata, en suma, de un conjunto de ventajas comparativas dinámicas que pueden transformarse en ventajas competitivas sobre la base del stock de capacidades industriales, tecnológicas y científicas de la provincia.

Desde el punto de vista del capital humano, la provincia cuenta con un largo recorrido plasmado en capacidades científicas y tecnológicas que se ubican en universidades, institutos de investigación y desarrollo, y en empresas, con una más

que interesante densidad en empresas de bienes de capital dedicadas a desarrollo de proyectos con alta intensidad en ingeniería. Esto último requiere de cierto ejercicio de vinculación no sólo con stock de conocimiento existente, sino el desarrollo específico del mismo, lo cual se resuelve en departamentos de ingeniería con fuertes vinculaciones con el sistema científico tecnológico.

Por otro lado, la existencia de una larga tradición en actores gremiales empresario y cooperativos con activo involucramiento en agendas de desarrollo local, constituye una fortaleza desde el punto de vista de la construcción, coordinación y ejecución de agendas de desarrollo tecnológico. Asimismo, en derredor de la Bolsa de Cereales de Rosario, se concentran importantes capacidades en lo que hace al desarrollo y manejo de herramientas de comercialización y financieras para mercados de materias primas, elaborados, etc.

En resumen, se puede afirmar que existe una considerable aglutinación de factores que inclinan a asumir que se cuenta con una masa crítica suficiente como para impulsar un proceso de desarrollo en el campo de biorrefinerías que devenga en un proceso autosustentable.

### **Condiciones de la demanda**

El proceso de transición energética a nivel mundial demanda de múltiples soluciones a la hora de resolver la baja de emisiones en el segmento de transporte, donde los biocombustibles encuentran su mayor desarrollo, en concreto, en casos como el combustible de aviación o ferrocarriles, los mismos ofrecen una rápida solución hasta tanto se desarrollen y consoliden otras alternativas más lejanas. Así entonces, todas las proyecciones coinciden, que los mismos tendrán una sostenida y creciente demanda en las décadas venideras, dando un importante horizonte para su desarrollo y mayor despliegue.

Por otro lado, la búsqueda de diversos sustitutos para los derivados del petróleo en la industria química, búsqueda que se ve espoleada por potenciales beneficios derivados del premio en ciertos mercados a productos bajos en carbono, o en la posibilidad de acceder a ciertos mercados de otro modo vedados, ofrece un horizonte de posibilidades en constante expansión para productos elaborados a partir de una química verde. Así entonces, el proceso de aparición de nichos de mejores precios a la vez que la erección de nuevos estándares de emisiones, conforman de manera progresiva una demanda incremental y de fondo para el despliegue de la química verde.

Al respecto, las mayores oportunidades aparecen en mercados de exportación, tanto para productos como para desarrollos, procesos y equipos, pero es cuestión de tiempo que otros productos de exportación que incorporan productos químicos en su elaboración, deban emprender el camino de la descarbonización para garantizar sus mercados, desarrollando, por ende, mercados locales para los mismos.

## **Sectores conexos y de apoyo**

Tal como se ha señalado en capítulos precedentes, la provincia cuenta con una amplia infraestructura de soporte para el desarrollo tecnológico y la producción que se evidencia en diversas unidades de instituciones como INTA e INTI, y de institutos constituidos entre estos, universidades y empresas y cámaras empresarias. Asimismo, y desde el punto de vista de la existencia de capacidades en otras cadenas de valor, existen, por ejemplo, gran cantidad de proveedores de las industrias hidrocarburíferas, química y petroquímica, que con una adecuada política de aprovechamiento de ventajas dinámicas, constituyen un acervo de importancia para la provincia.

Finalmente cabe señalar que el Estado provincia ha jugado un rol de relevancia para el desarrollo de los sectores de energías limpias y otros sectores disruptivos, por lo cual es de esperar que tenga un rol en el impulso del nuevo sector a partir del aprovechamiento de capacidades existentes, tanto en políticas como en instituciones, como la empresa provincia de energía y la participación de la provincia en diversas instancias de fomento y desarrollo económico.

### **VI.iv La Oleoquímica**

Dentro de las alternativas a la química verde se encuentran las rutas relacionadas con la producción de biocombustibles, de las cuales en Argentina ha tenido desarrollo por el lado de los alcoholes, con el bioetanol, y del lado de los aceites, con el biodiesel basado en aceite de soja. Respecto de ellos, la producción que ofrece de manera inmediata derivados para avanzar en la cadena de agregado de valor es la del biodiesel, donde a partir del glicerol, es posible desarrollar otros productos, sobre la base de procesos de transformación dentro del campo de la oleoquímica.

Recordemos que de la producción de biodiesel queda como un derivado el

glicerol, en una proporción de 1 a 10 en relación al biodiesel, y teniendo en cuenta la amplia producción de biodiesel en el país, concentrada de manera fundamental en la provincia de Santa Fe, resulta lógico avanzar con este producto en el desarrollo de mayores agregados de valor, sobre todo teniendo en cuenta que, a medida que aumenta la producción de biodiesel a escala mundial, mayor disponibilidad de glicerina existe, y por ende, menor es su precio.

#### **VI.iv.i Glicerol: propiedades y producción**

##### **Propiedades**

El glicerol (1,2,3-propanotriol) es un líquido viscoso, incoloro e inodoro con un sabor dulce, derivado de materias primas tanto naturales como petroquímicas. Su nombre deriva de la palabra griega glykys (dulce) y tiende a usarse indistintamente en la literatura y comercialmente con el término glicerina. El glicerol crudo tiene una pureza del 70% al 80% y, a menudo, se concentra y purifica antes de la venta comercial hasta una pureza del 95,5% al 99%.

El glicerol es una de las sustancias químicas más versátiles y valiosas conocidas por el hombre. En la era moderna, fue identificado en 1779 por el químico sueco Carl W. Scheele, quien descubrió un nuevo líquido transparente y almibarado al calentar aceite de oliva con litargirio ( $\text{PbO}$ , utilizado en esmaltes de plomo sobre cerámica). Es completamente soluble en agua y alcoholes, es ligeramente soluble en muchos solventes comunes como el éter y el dioxano, pero es insoluble en hidrocarburos.

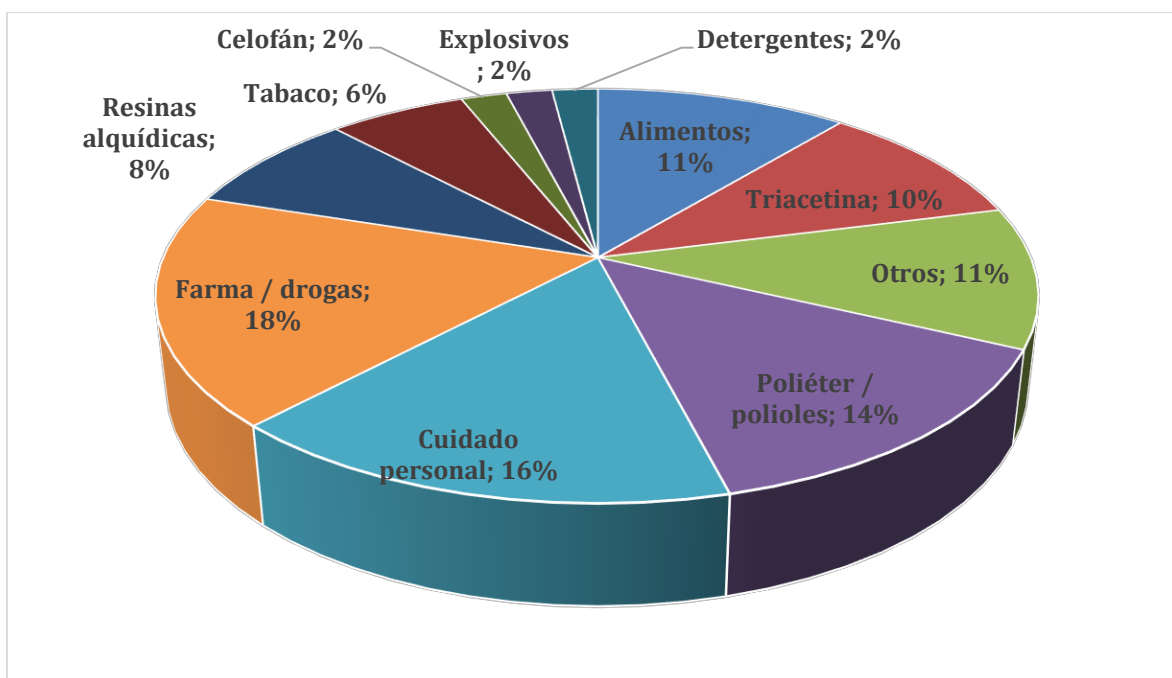
En estado anhidro y puro, el glicerol tiene una densidad de  $1,261 \text{ g/cm}^3$ , un punto de fusión de  $18,2^\circ \text{ C}$  y un punto de ebullición de  $290^\circ \text{ C}$ , en condiciones normales de presión atmosférica. A bajas temperaturas, el glicerol puede formar cristales que se funden a  $17,9^\circ \text{ C}$ .

En general, posee una combinación única de propiedades físicas y químicas que se utilizan en muchos miles de productos comerciales. De hecho, el glicerol tiene más de 1500 usos finales conocidos, incluidas aplicaciones como ingrediente o coadyuvante de procesamiento en cosméticos, artículos de tocador, productos para el cuidado personal, formulaciones farmacéuticas y comestibles. Además, el glicerol es muy estable en condiciones normales de almacenamiento, compatible con muchos otros materiales químicos, virtualmente no irritante en sus diversos usos y no posee efectos ambientales negativos conocidos.

## Aplicaciones comerciales tradicionales

Las aplicaciones tradicionales del glicerol, ya sea directamente como aditivo o como materia prima, van desde su uso como aditivo para alimentos, tabaco y medicamentos hasta la síntesis de trinitroglicerina, resinas alquídicas y poliuretanos (Figura VI.x). Actualmente, la cantidad de glicerol que se destina anualmente a aplicaciones técnicas es de alrededor de 160.000 toneladas y se espera que crezca a una tasa anual del 2,8%.

Los fármacos, pastas de dientes y cosméticos concentran cerca del 28% del mercado del glicerol, el tabaco un 15%, los alimentos el 13% y la fabricación de uretanos un 11%, siendo el resto utilizado en la fabricación de lacas, barnices, tintas, adhesivos, plásticos sintéticos, celulosa regenerada, explosivos y otros usos industriales diversos. El glicerol también se utiliza cada vez más como sustituto del propilenglicol.



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

Fuente: Navaoñ, May, 2002.

Como una de las principales materias primas para la fabricación de polioles para espumas flexibles y, en menor medida, espumas rígidas de poliuretano, el glicerol es el iniciador al que se añade óxido de propileno y óxido de etileno. El glicerol se usa ampliamente en resinas alquídicas y celulosa regenerada como suavizante y plastificante que brinda flexibilidad, maleabilidad y dureza en revestimientos de superficies y pinturas.

La función principal del glicerol es, en muchos casos, como humectante o sustancia para retener la humedad y, a su vez, otorgar suavidad. El glicerol extrae agua de su entorno y, debido a esta propiedad, es agregado a los adhesivos y colas para evitar que se sequen demasiado rápido. A su vez, muchos problemas de lubricación particulares se han resuelto utilizando glicerol o mezclas de glicerol.

Miles de toneladas de glicerol se utilizan cada año para plastificar una variedad de materiales como láminas y juntas. La flexibilidad y tenacidad de las películas de celulosa regenerada, las tripas cárnicas y los papeles especiales de alta calidad se pueden atribuir a la presencia de glicerol. También actúa como disolvente, edulcorante y conservante en alimentos y bebidas, y como portador y emoliente en cosméticos. La efectividad del glicerol como plastificante y lubricante le da una amplia aplicabilidad, particularmente en el procesamiento de alimentos, ya que no es tóxico.

El glicerol también se usa en la fabricación de resinas alquídicas para brindar flexibilidad, las cuales se utilizan como aglutinantes en productos como pinturas y tintas. También se utiliza glicerol en lubricantes especiales que requieren estabilidad a la oxidación, por ejemplo, en el caso de los compresores de aire. En todas las aplicaciones, ya sea como reactivo o como aditivo, la no toxicidad y la seguridad general del glicerol es un beneficio significativo.

Debido a la rápida caída de su precio, el glicerol está sustituyendo rápidamente a otros polioles que se utilizan a gran escala como edulcorantes sin azúcar. Los polioles se utilizan principalmente en confitería, alimentos, cuidado bucal, farmacéuticas y aplicaciones industriales. Algunas características de los polioles son las bajas calorías, dulzor agradable, capacidad de retener la humedad y procesamiento mejorado. Los polioles más utilizados son sorbitol, manitol y maltitol. Inclusive, el sorbitol enfrenta una dura competencia particularmente del glicerol.



El glicerol contiene aproximadamente 27 calorías por cucharadita y alcanza en un 60% la dulzura de sacarosa; además tiene aproximadamente la misma energía alimentaria que el azúcar de mesa. Sin embargo, el glicerol no eleva los niveles de azúcar en la sangre, ni alimenta las bacterias que causan la placa y las caries dentales.

El glicerol se utiliza en preparaciones médicas y farmacéuticas, principalmente como medio para mejorar la suavidad, proporcionando lubricación y como humectante, es decir, como una sustancia higroscópica que mantiene la preparación húmeda. El glicerol ayuda a mantener la textura y agrega humectación, controla la actividad del agua y prolonga la vida útil en una gran cantidad de aplicaciones. También es muy utilizado como laxante y, basándose en el mismo efecto hiperosmótico inducido, en jarabes para la tos (elixires) y expectorantes.

En los productos de cuidado personal, el glicerol sirve como emoliente, humectante, disolvente y lubricante en una enorme variedad de productos, incluida la pasta de dientes, donde su buena solubilidad y sabor le dan ventaja sobre el sorbitol. Se estima que las pastas dentales representan casi un tercio del mercado de cuidado personal para el glicerol. Las aplicaciones relacionadas incluyen enjuagues bucales, productos para el cuidado de la piel, cremas de afeitar, productos para el cuidado del cabello y jabones.

Actualmente, el mercado del glicerol está experimentando cambios radicales, impulsado por grandes suministros de glicerol derivados de la producción de biodiésel. Los investigadores y la industria han estado buscando nuevos usos para la glicerina para reemplazar a los productos petroquímicos como fuente de materias primas químicas, y relativamente en pocos años ha habido una serie impresionante de logros.

Después del período sostenido de aumento de los precios del petróleo en la década de 2000, el glicerol se está consolidando en la actualidad como una plataforma importante para la producción de productos químicos y combustibles.

## **Producción**

El glicerol natural se obtiene hidrolíticamente de grasas y aceites durante la fabricación de jabones y ácidos grasos, y por transesterificación (un intercambio de grupos de ácidos grasos con otro alcohol) durante la producción de combustible biodiesel. Por lo tanto, no sorprende que en contexto energético actual el glicerol se haya convertido en un tema candente en la industria en general.

En cierto sentido, el glicerol ya era una prioridad de defensa nacional en los días que precedieron a la Segunda Guerra Mundial, ya que el suministro de glicerol procedente de la fabricación de jabón era en gran medida insuficiente para satisfacer la demanda de nitroglicerina durante la guerra.

Históricamente, el glicerol se ha producido a partir de la epiclorhidrina obtenida del propileno y, por tanto, de hidrocarburos. Hoy, sin embargo, las plantas de glicerol de este tipo están cerrando y siendo reemplazadas por plantas que utilizan el glicerol como materia prima, incluso para la producción de la propia epiclorhidrina. Este es el resultado del gran excedente de glicerol creado como subproducto en la producción de biodiesel por transesterificación de aceites de semillas con metanol usando KOH como catalizador base, o esterificación discontinua de ácidos grasos catalizada por ácido sulfúrico.

En el proceso tradicional, el biodiésel se produce mediante una reacción de transesterificación entre aceite vegetal y metanol, catalizada por KOH. Los aceites de colza, de soja y de palma tienen las características fisicoquímicas más adecuadas para su transformación en biodiésel. El aceite de mesa vegetal crudo se refina primero mediante desgomado (eliminación de lecitinas y fósforo) y desacidificación (eliminación de ácidos grasos libres). Los ácidos grasos constituyen alrededor del 2% del producto original y, tras la destilación, se recuperan y venden como subproductos.

El producto resultante, una mezcla de biodiésel y agua, se seca al vacío y se almacena en espera de las pruebas analíticas. Los parámetros fundamentales de análisis son el contenido de ésteres (mínimo 96,5%) y el contenido de glicerol libre (máximo 200 ppm).

La corriente secundaria de glicerol normalmente contiene una mezcla de glicerol, metanol, agua, sales inorgánicas (residuos de catalizador), ácidos grasos libres, mono, di y triglicéridos sin reaccionar, ésteres metílicos y una variedad de "materia orgánica no glicerina" (MONG) en proporciones variables.

El metanol normalmente se extrae de esta corriente y se reutiliza, dejando glicerol crudo después de la neutralización. En su estado crudo, el glicerol crudo tiene un alto contenido de sal y ácidos grasos libres y un color sustancial (de amarillo a marrón oscuro). En consecuencia, el glicerol crudo tiene pocos usos directos y su valor como combustible también es marginal. Una solución económica para la purificación de corrientes de glicerol crudo combina la electrodiálisis y la nanofiltración, proporcionando un líquido incoloro con bajo contenido de sal, equivalente a la pureza de grado técnico.

En general, los procesos tradicionales de producción de biodiesel tienen varias desventajas, incluyendo la formación de jabón (a partir del catalizador KOH); uso excesivo de alcohol (para cambiar el equilibrio a los ésteres grasos) que debe separarse y reciclarse; catalizadores homogéneos que requieren neutralización provocando flujos de desechos de sal; la costosa separación de los productos de la mezcla de reacción; y costos de inversión y operación relativamente altos.

En 2005 el Institut Francais du Pétrole (IFP) dio a conocer un nuevo proceso de biodiesel llamado Esterfif. Empezando desde triglicéridos, el paso de transesterificación se realizó utilizando un catalizador sólido, una mezcla de óxido de Zn-Al. El proceso funciona a mayor temperatura y presión que el método homogéneo y utiliza un exceso de metanol, que se vaporiza y recicla. Tiene dos reactores y dos separadores, necesarios para cambiar el equilibrio de metanólisis. En cada etapa el exceso de metanol se elimina por evaporación parcial y los ésteres y el glicerol se separan en un decantador.

Una segunda alternativa, desarrollada por la empresa holandesa Yellowdiesel en 2006, es especialmente adecuada para materias primas mixtas con alto contenido de ácidos grasos libres (FFA), como las que se utilizan para el aceite de cocina y las grasas de baja calidad. El proceso combina la reacción y la separación en un solo paso, usando destilación reactiva (también conocida como destilación catalítica). Esto intensifica la transferencia de masa, permite la integración de energía in situ, reduce los costos de equipo y simplifica el flujo y la operación del proceso. Además, el equilibrio termodinámico de la reacción se puede cambiar controlando el equilibrio líquido-vapor en la columna.

## **Mercado**

El mercado de la glicerina se estima en alrededor de 4 millones de toneladas métricas en 2020, y se prevé que el mercado registre un crecimiento de más del 6% durante el período 2021-2026.

Las principales aplicaciones de la glicerina son las farmacéuticas, de cuidado personal y cosméticas. La pandemia de COVID-19 ha alterado la industria de la belleza. Como resultado de meses de cierres de consumo, prohibiciones de viajes internacionales y cierres de negocios minoristas, las ventas, las compras y el uso disminuyeron en muchos segmentos de belleza. Sin embargo, la demanda de glicerina ha aumentado para las industrias de usuarios finales, como la farmacéutica y la de cuidado personal durante el COVID-19, debido a su mayor uso en desinfectantes para manos, jabones, jabones para manos y detergentes.

A corto plazo, uno de los factores clave que impulsan el crecimiento del mercado es la fuerte demanda de la industria farmacéutica.

Además, a mediano plazo, también se espera que el aumento del uso en las industrias de cuidado personal y cosméticos impulse el mercado estudiado.

Por otro lado, la mayoría de los fabricantes de glicerina refinada están optando por sustitutos alternativos de la glicerina en varias industrias de usuarios finales, y es probable que esto afecte el crecimiento del mercado. Algunos de los sustitutos incluyen dietilenglicol, ceramidas, aceites, mantequilla, etc.

Si bien Europa representan un mercado de importancia, las tendencias inclinan la demanda hacia Asia Pacífico.

Asia-Pacífico representó la mayor parte del mercado mundial de glicerina, debido a países emergentes como China, India y Japón.

China es uno de los mayores consumidores de glicerina. La cosmética y el cuidado personal es uno de los sectores de mayor crecimiento en el país. Cubriendo una amplia variedad de industrias, como maquillaje, cuidado de la piel, cuidado del cabello, higiene personal, fragancias, etc., el mercado chino de cosméticos y cuidado personal experimentó un crecimiento positivo.

La industria cosmética en China ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, impulsada por la creciente demanda de productos de primera calidad y el aumento del número de mujeres trabajadoras y la mejora general de los ingresos. El mercado general se ha expandido más de un 150 % entre 2012 y 2020. El valor de las ventas minoristas de cosméticos en China aumentó a USD 52 300 millones en 2020, lo que lo convierte en el segundo mercado de productos de belleza y cuidado personal más grande del mundo.

Se espera que la industria de procesamiento de alimentos se expanda a un ritmo lucrativo en el mercado chino de glicerina. El país tiene más de 35.000 plantas de procesamiento y fabricación que producen productos alimenticios para los residentes del país.

China también tiene el segundo mercado más grande del mundo para productos farmacéuticos y es el mercado emergente más rápido para el sector. El país tiene una industria farmacéutica nacional grande y diversa, que comprende alrededor de 5.000 fabricantes, muchos de los cuales son pequeños o medianos, y basan sus negocios en genéricos, ingredientes farmacéuticos activos (API) o medicina tradicional china.

En India, las iniciativas gubernamentales, como la Misión Swachh Bharat, promueven la salud y la higiene. Tales iniciativas, junto con el uso creciente de jabones y detergentes, han llevado al crecimiento de la industria de fabricación de jabones, lo que está impulsando aún más la demanda de glicerina en el país.

Además, con el aumento de la demanda de jabones y detergentes, así como de desinfectantes en la región, la demanda de glicerina ha aumentado durante la pandemia de COVID-19.

El mercado de la glicerina está consolidado, y los principales actores representan la mayor parte de la demanda del mercado. Los principales actores incluyen Emery Oleochemicals, IOI Corporation Berhad, Wilmar International Ltd, Cargill, Incorporated y Kao Corporation, entre otros.

Revisados estos elementos generales, haremos un breve repaso del estado del arte en el país respecto de la industria del glicerol relacionado con el biodiesel.

#### **VI.iv.ii El glicerol en Argentina**

##### **Glicerina refinada**

Un caso es el del Grupo Bolzán, una Pyme de capitales nacionales que, además de producir biodiésel, EN 2018 inauguró una planta para refinar glicerina vegetal de alta calidad, un derivado que se utiliza como insumo en múltiples industrias (desde alimentos, hasta farmacología), de los cuales el 80% está dirigida a la exportación.

El Grupo Bolzán posee dos plantas especializadas en "biodiesel": una chica, con una capacidad de 14.000 toneladas anuales y una mediana, que alcanza las 50.000 toneladas. En paralelo, en enero de 2018 inauguraron Glycopharma SA en el departamento de Nogoyá, Entre Ríos, un *start up* nacional que está conformada por una planta de última tecnología (importada desde Italia) y que permite sumar valor agregado a la soja a partir de la purificación y refinación de la glicerina, produciendo 1.600 toneladas mensuales de glicerina refinada.

Esta industria genera para la provincia de Entre Ríos un importante aporte en cuanto al ingreso de divisas, ya que logra exportar casi su totalidad de producción, logrando así ser unas de las primeras industrias a lo que volumen de exportación refiere. La empresa exporta a Rusia, Austria, China y Estados Unidos.

"Sin dudas que el efecto derrame en las ciudades cercanas es muy importante. Esta industria genera una fuerte demanda de todo lo que es servicios de transporte, industria metalmecánica y mano de obra especializada, entre otros", apunta el directivo y que, según recalca Bolzán, "cuenta con los más altos estándares de calidad a nivel mundial".

## **Bioglicol**

El Grupo Bahía Energía (GBE), productor de biodiesel oriundo de Bahía Blanca, avanza en un *joint venture* con la firma ChemCom Industries, de los Países Bajos, para construir una planta industrial en ese país. Es un proyecto de tres años, a partir de que se defina su ejecución, y demandaría no menos de entre US\$ 50 millones y US\$ 60 millones. "

El proyecto es levantar una planta con capacidad de procesamiento de 100.000 toneladas por año, que permitirán elaborar 80.000 toneladas de bio-monopropilenglicol, un derivado de la glicerina de múltiples aplicaciones industriales. Los despachos de la futura planta neerlandesa se colocarán, principalmente, en Europa y, en menor medida, los Estados Unidos. En estos mercados, están los clientes que más demandan productos bio para sustituir derivados del petróleo. Al ser empujado por ChemCom, el *start-up* tendrá financiamiento europeo.

A través de su unidad Bojagro, GBE, que pertenece al grupo bahiense Bojanich, elabora en Ramallo glicerina farmacopea a partir del biodiesel. El año 2021 Bojagro, comercializó 27.074 toneladas de este derivado. Destinó 77% al exterior. China fue su mayor comprador, con 10.000 toneladas. México y los Estados Unidos representaron más de 40% de la producción. También despachó a Turquía, Italia, la India, Sudáfrica, Costa de Marfil, Chile y Bolivia.

Para 2022, proyectaba crecer 50% en sus exportaciones. En octubre de 2021, firmó un contrato con Colgate-Palmolive para ser su proveedor de glicerina, insumo que la estadounidense utiliza en la fabricación de dentríficos, entre otros productos cosméticos y de higiene personal. La planta de Ramallo tiene una capacidad de 50.000 toneladas anuales de glicerina refinada.

Se usa como insumo en industrias como la aeronáutica, alimenticia, farmacéutica, tabacalera, textil, cosmética y del cuero. GBE invirtió US\$15 millones en la instalación. GBE tiene un plan de inversión de entre US\$10 millones y US\$15 millones para ampliar capacidad en 24 meses, 80% se destinará a generar productos de exportación.

#### **VI.iv.iii Rutas químicas desde el glicerol**

Partiendo desde el glicerol se pueden realizar un conjunto de procesos para su transformación en diversos productos con amplias aplicaciones. Algunas de las posibilidades son:

##### **Reformado**

El reformado es un proceso que consiste en la conversión de hidrocarburos con cadenas simples en hidrocarburos con cadenas ramificadas o anillos. Es una reacción que suele estar encaminada a producir combustibles de alto octanaje a partir de fracciones ligeras de crudo, productos de craqueo, o en nuestro caso, grasas simples.

Uno de los mayores logros de la nueva química del glicerol es el proceso de reformado en fase acuosa (APR), en que el glicerol se convierte en hidrógeno y monóxido de carbono (gas de síntesis o "syngas") en condiciones relativamente moderadas de temperaturas (entre 225 y 300 °C) usando un catalizador de Pt-Re en un solo reactor en solución de fase acuosa. Tal formación de gas de síntesis es crucial para la biorrefinería, porque el gas se puede utilizar como fuente para producir combustibles y productos químicos utilizando el proceso Fischer–Tropsch.

Por medio de reformado entonces, el glicerol se puede convertir en combustibles verdes, con procesos de fase acuosa producir hidrógeno verde o hidrocarburos verdes, o por medio de reformados en fase gaseosa, biometanol, que en la actualidad se produce a partir de gas natural.

## **Reducción selectiva**

En química, reducción es el proceso electroquímico por el cual un átomo o un ion gana electrones. Implica la disminución de su estado de oxidación. Este proceso es contrario al de oxidación. En química orgánica, la disminución de enlaces de átomos de oxígeno a átomos de carbono o el aumento de enlaces de hidrógeno a átomos de carbono se interpreta como una reducción

Desde un punto de vista comercial, la producción de 1,2-propanodiol por la reducción del glicerol es el logro más relevante de la nueva química de la glicerina. El 1,2-propanodiol (o propilenglicol, PG) es un producto químico importante derivado tradicionalmente de la oxidación del propileno. Por ejemplo, las biorutas permiten la reducción de glicerol a 1,3-propanodiol, un importante monómero que se puede polimerizar con ácido tereftálico para producir fibras de poliéster conocido como Sorona (DuPont) o Corterra (Shell).

Algunos procesos de reducción selectiva que parten de la glicerina son: Hidrogenólisis a Propilenglicol; Deshidroxilación a 1,3-propanodiol; Reducción biológica a DOP (1,3-Propanodiol).

## **Cloración**

Los estudios de halogenación de glicerol se centran en la formación de 1 3-dicloro-2- propanol, un intermediario en la síntesis de epiclorhidrina, por hidroclicación directa. Este se produce junto con el isómero 1 2. 1 3-dicloro-2-propanol (a.g-clorohidrina) es el isómero de elección porque la epiclorhidrina, formada por su deshidroclicación, es comercialmente importante. Por condensación con un poliol como bisfenol A epiclorhidrina permite conservar una estructura lineal en los polímeros de éter obtenidos de él, incluidas las comercialmente importantes resinas epoxi.

## **Deshidratación**

Deshidratación de glicerol. Dos sustancias químicas importantes se pueden producir directamente por deshidratación de glicerol: acroleína y 3-hidroxipropionaldehído (3-HPA). Además, la oxideshidratación del glicerol da como resultado un acrílico ácido comercialmente importante. La acroleína se produce actualmente por oxidación del propileno derivada de hidrocarburos.



## **Deshidratación a acroleína**

Se han dejado de comercializar procesos más antiguos para convertir glicerol en acroleína debido al alto costo y la baja estabilidad del catalizador. Más reciente, sin embargo, Corma y colaboradores han desarrollado un proceso de deshidratación resultando en la conversión completa de glicerol a acroleína lo que hace uso de catalizador ácido sólido ZSM-5 zeolita

Propano a partir de acroleína. Una vez que se ha formado la acroleína, se puede convertir en propano, con un rendimiento teórico general de glicerol de 48% en peso. La reacción ha sido investigada en profundidad por Biofuel-Solution, una empresa sueca organización de investigación, con el objetivo de producir GLP verde. Específicamente, el propanol se puede producir utilizando acroleína como partida material, o de glicerol (combinando el primer y segundo paso), con rendimientos del 70-80% en el primer caso y del 65-70% en el segundo. El propanol luego se deshidrata a propeno, con un rendimiento del 70-75%.

Oxidación a ácido acrílico El ácido acrílico se puede producir mediante una reacción de oxidación de un solo paso de glicerol en presencia de oxígeno molecular. La reacción de deshidratación es seguida por la oxidación aeróbica de la acroleína resultante directamente a ácido acrílico

Deshidratación a 3-hidroxi propionaldehído. El 3-hidroxi propionaldehído (3-HPA) es un precursor de muchos importantes químicos, incluyendo acroleína, ácido acrílico y 1,3-propanodiol, y es también utilizado para la producción de polímeros. Puede ser producido eficientemente a partir de glicerol renovable. La producción biotecnológica tiene varias ventajas en comparación con los métodos químicos, y se puede llevar a cabo utilizando soluciones acuosas de solución de glicerol a temperatura ambiente o a 37° C en condiciones normales de presión.

## Eterificación

Eterificación del glicerol. Los éteres de glicerol de interés incluyen los compuestos resultantes de la reacción con isobutileno o terc-butanol, incluidos poligliceroles y glicosil glicerol. Moléculas oxigenadas como metil terc-butil éter (MTBE, ahora prohibido en muchos países) se utilizan como aditivos para combustibles debido a sus propiedades antidetonantes y de mejora del octanaje. En general, la adición de éteres tiene un efecto positivo en el rendimiento del diésel combustibles y reduce la cantidad de humos y partículas, óxidos de compuestos de carbono y carbonilo presentes en los escapes de los motores.

Butilación de éteres terc-butílicos de glicerol. Los éteres alquílicos de glicerol se sintetizan fácilmente por eterificación (O-alkilación) de glicerol usando alquenos, particularmente isobutileno, en presencia de un catalizador ácido a temperaturas de 50° C a 150° C y en proporciones molares de glicerol: isobutileno de 1: 2 o superior.

Telomerización y eterificación directa sobre CaO. Telmerización directa de glicerol puro o crudo con 1,3-butadieno mediado por un catalizador molecular a base de paladio ha sido recientemente descrito. El proceso emplea trifenilfosfina metoxi-sustituida ligandos, y es una tecnología prometedora que hace Mono-, di- y triéteres de glicerol de cadena C8 disponibles como productos químicos para bloques de construcción.

Polimerización a poliglicerol. El poliglicerol es un poliol altamente ramificado. Es un claro viscoso líquido, altamente soluble en agua y solventes orgánicos polares como metanol, y es esencialmente no volátil a temperatura ambiente.

Glicosilación a Glucosil Glicerol. O-a-D-Glucosyl glicerol (Glc–GL) se encuentra en el japonés tradicional alimentos fermentados como sake, miso y mirin. Por ejemplo, Glc–GL contribuye al sabor del sake, que contiene aproximadamente un 0,5 % de este compuesto. Glc–GL es un glucósido no reductor que exhibe aproximadamente la mitad de la dulzura de la sacarosa; tiene alta estabilidad térmica, baja decoloración por calor, baja reactividad de Maillard, baja higroscopicidad, alta capacidad de retención de agua, alta digestibilidad y no cancerígeno.

Se espera que aumente su uso para endulzar alimentos y bebidas ya que reduce la ingesta calórica.<sup>21</sup> Glc-GL es producido por un proceso enzimático basado en *Candida tropicalis*, una  $\alpha$ -glucosidasa con almidón como sustrato donante,<sup>22</sup> o ciclodextrina glucanotransferasas,<sup>23</sup> que transfieren el residuo Glc de almidón y dextrinas a los 1- o 3- posición del glicerol. Concentraciones de 30% (p/v) de glicerol y 20% (p/v) el almidón soluble son los más efectivos para asegurar una transglicosilación.

## **Esterificación**

Esterificación de glicerol. La esterificación del glicerol da lugar a una variedad de productos útiles y en últimos años ha sido un área activa de investigación. Las reacciones emplean tanto catalizadores químicos como lipasas y se pueden dividir en tres tipos: esterificación con ácidos carboxílicos, carboxilación y nitración.

### **VI.iv.iv Síntesis**

A lo largo del recorrido del capítulo ha sido posible investigar que la provincia de Santa Fe cuenta con grandes posibilidades de desarrollar ventajas competitivas de cara al despliegue de la química verde, cuyo vector por excelencia es la biorrefinería. La existencia de singulares condiciones en todos los aspectos que hace a la competitividad sistémica, brindan una ventana de oportunidad para el desarrollo en particular, de la oleoquímica, cuya plataforma de lanzamiento es el complejo sojero en general y la industria del biodiesel en particular.

El recorrido por la actualidad del uso del glicerol y las posibles rutas para su transformación en productos de mayor valor agregado muestran un gran potencial, tanto en lo que hace a la faz productiva, como en el desarrollo de procesos y productos que permitan capturar de manera local mayores fracciones del valor agregado involucrado. En tal sentido, y pese a las amplias capacidades de la provincia, existe un espacio de vacancia fundamental para el desarrollo local de la oleoquímica y las biorrefinerías: infraestructuras y facilidades que permitan validar procesos en escalas pre industriales.

Tales facilidades resultarían clave para permitir la captura local de los desarrollos de conocimientos y procesos, el diseño y construcción de plantas y su operación, y el escalado industrial, con las consecuentes posibilidades productivas y de exportaciones de bienes y servicios de alto valor. Observando el panorama general de la provincia, puede afirmarse que es el eslabón faltante para lanzar un proceso sistemático de desarrollo y escalado en la temática, ya que si no, tal como se observa en el glicerol, la tendencia será a localizar plantas en el exterior y/o importar tecnología, resignándose por ende, las mejores porciones de ingreso.

En tal sentido entonces, y ante la ausencia de actores privados que cumplan ese rol, y la histórica vacancia de las políticas de ciencia y tecnología en la provincia, sería deseable un rol más decidido del Estado a la hora de ofrecer los impulsos necesarios y conducir y aglutinar el esfuerzo de los privados y el complejo científico tecnológico radicado en la provincia.

## **CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y AGENDA EMERGENTE**

### **VII.i Conclusiones**

#### **VII.i.i El recorrido del trabajo**

El objetivo del trabajo ha sido ofrecer una perspectiva de la empresa que sirva como base o punto de partida para construir políticas y acciones relacionadas con la agenda de transición energética en general, y con el segmento de la química verde en particular. Para ello, se ha partido de una concepción del desarrollo que lo entiende como un proceso de acumulación de capacidades (productivas, industriales, tecnológicas, científicas, etc.) que permiten aprovechar sucesivas y cambiantes ventanas de oportunidad derivadas del proceso de cambio técnico que caracteriza a la dinámica de largo plazo del capitalismo.

Esto implica que, si se entiende a la transición energética como parte del proceso de cambio técnico de largo plazo del capitalismo, es preciso situar a la misma en la realidad provincial de modo de identificar el punto de partida, y con ello, las dependencias de la trayectoria que definen todo proceso de cambio técnico. Así entonces, y siendo que el complejo energético y químico moderno se basa en la explotación y transformación de recursos naturales, para su posterior distribución y consumo, ha sido preciso definir la situación provincial al respecto.

En ese sentido, respecto, en el trabajo se ha tratado de ubicar a la bioeconomía como parte del proceso general de la transición energética, entendiendo que el metabolismo social que permite la producción de bienes y servicios necesarios para la reproducción humana, se organiza en torno de la producción de excedentes energéticos. Estos, que en los últimos siglos han sido provistos por los hidrocarburos mediante un conjunto de tecnologías y paquetes energéticos entre los que se ubica la industria química, ha encontrado un límite en la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Así, el surgimiento de la bioeconomía, de la química verde como parte de ellas, y de las biorrefinerías como parte del paquete tecnológico asociado a la transición en la industria petroquímica, definen un sendero de cambio tecnológico inédito en la historia de la humanidad. Esto en el sentido de que desafían la lógica de procesos históricos anteriores, pero a la vez con un enorme potencial para desatar grandes procesos de transformaciones productivas y sociales.

Entonces, grandes transformaciones de fondo en lo que hace a producción de energía, acompañan como fundamento la emergencia de la bioeconomía, a la vez que las mismas constituyen cambios paradigmáticos que implican revoluciones

en los modos de producir y gestionar los bienes necesarios para el esfuerzo de reproducción social. Uno de estos cambios paradigmáticos es el de la economía circular y el aprovechamiento en cascada de la biomasa, que se inserta dentro de las revoluciones de las ciencias de la vida, llamadas a transformar la realidad humana en el Siglo XXI.

La lógica subyacente a la emergencia de la bioeconomía es la aprovechar todo residuo como un nuevo insumo de proceso que, a su vez, busca recrear en lógicas de flujos de biomasa anuales, lo que antes se hacía a partir del stock de biomasa transformada en las eras geológicas en petróleo. De tal modo entonces, el corazón tecnológico de dichas transformaciones se halla en las biorrefinerías, que, sirviéndose de todo tipo de procesos, existentes y a desarrollar, son el proceso eslabón en el proceso de acumulación de capacidades que han florecido con la química basada en los hidrocarburos fósiles.

El punto de partida del proceso que se ha descrito, de sus posibilidades y limitaciones, se dibuja en, por un lado, la geografía económica de la provincia, y por el otro, en las capacidades con la que la misma cuenta para dar el salto hacia la oportunidad que se delinea. Recordemos que, si se quiere aprovechar una ventana de oportunidad para el desarrollo, no sólo se debe identificar a la misma, sino contar una base mínima que permite delinear una estrategia para su aprovechamiento.

Teniendo en consideración lo primero, se ha realizado un recorrido por la geografía económica de la provincia, la cual ha mostrado el complejo perfil industrial productivo de la provincia, a la vez que el basamento de este en una compleja red energética profundamente imbricada en el paradigma fósil, de producción exógena a la misma. Ello se refleja en que la provincia es importadora neta de energía, pero también en que, la mayoría de la producción primaria depende de una forma u otra de insumos de base hidrocarburífera para su funcionamiento.

La provincia cuenta con una importante infraestructura de transporte y distribución eléctrica y de gas, incluso existen plantas eléctricas generadoras, pero que utilizan combustible proveniente de las cuencas hidrocarburíferas del país o combustible importado. Por fuera de ello, la mayoría de la provisión de combustibles es exógena, excepto aquella que llega incorporada como corte del gasoil con biodiesel producido en la provincia.

Respecto de esto último, el mezclado de gasoil con biodiesel se hace en las refinerías, por lo cual éste último viaja desde la provincia a las refinerías para luego volver en el gasoil, lo cual hace que se pierda parte del beneficio de la reducción de huella de carbono del biodiesel con relación al gasoil. En perspectiva de la transición, la lógica debería estar ordenada por la baja de la huella de carbono, lo cual requiere de otra lógica en las políticas.

Desde el punto de vista del complejo bioeconómico, la provincia cuenta con un amplio desarrollo que permite pensar en múltiples trayectorias para desarrollos futuros, muchas de las cuales enlazan con complejos agroindustriales, pero también con considerables niveles de producción agroganadera. Tanto lo que hace al agro como lo ganadero se halla desarrollado de amplia manera, con lo cual existen múltiples puntos de partida desde los cuales avanzar en encadenamientos productivos en la dirección de aprovechamientos en cascada y desarrollos tecnológicos de base biológica.

Asimismo, la provincia cuenta con el mayor complejo agroindustrial sojero del país, lo cual la convierte en un centro de referencia y atracción para la ecuación económica de la economía de la soja, y de la distribución territorial de producciones y opciones de negocios. Esta concentración ha hecho de la provincia un pionero en el desarrollo de la cadena de la soja, motivo por el cual la amplia mayoría de plantas de elaboración de biodiesel tienen su localización en la provincia.

Sin duda entonces, se cuenta con un activo enorme en lo que hace a la concentración del complejo sojero, lo cual brinda grandes posibilidades en cuanto a logro de economías de escala, pero también a la existencia de actores con capacidad de impulsar nuevos senderos para el complejo. En tal sentido, se puede afirmar que existen amplias capacidades en el sector productivo del complejo, pero estas no se reducen a ello.

Desde el punto de vista industrial, tecnológico y científico, tienen asiento en la provincia actores de gran potencial para el desarrollo de las biorrefinerías, cubriendo todo el espectro de las capacidades requeridas para ello. Desde el punto de vista de diseño y fabricación, existen importantes empresas en el sector de bienes de capital, que poseen departamentos de ingeniería y experiencia en industrias conexas, las cuales son trasladables al sector.

En lo que hace a desarrollo tecnológico, además de las citadas empresas, se cuenta con un importante stock de capacidades en las unidades locales de INTA e INTI, pero también en diversos institutos de investigación, tanto de las universidades como de CONICET. En lo que hace a lo científico, dichos institutos y las universidades concentran las principales capacidades junto con INTA e INTI, en agendas de trabajo con una alta vinculación con la realidad productiva provincial.

Estas capacidades tienen un correlato en los recursos con los cuales la provincia cuenta para iniciar un camino en las biorrefinerías, existiendo múltiples alternativas desde las diversas economías que existen en el territorio. Al respecto, los drivers del desarrollo de la bioeconomía parecen mostrar tendencias de largo aliento que llevarán a cambios de fondo, por lo cual el momento en el cual avanzar en el nuevo sendero puede hacer la diferencia respecto de las posibilidades de captura local de valor y empleo de calidad.

La relativa novedad del sector de biorrefinerías, con la existencia de múltiples rutas para el desarrollo de productos, en también múltiples plataformas tecnológicas, ofrece amplias oportunidades vinculadas en buena medida a las especificidades productivas de cada zona, pero también, a las alternativas para producir combustibles desde residuos o cultivos energéticos por ejemplo.

La provincia cuenta con cierto nivel de industria química, que aunque sin grandes complejos petroquímicos, ofrece capacidades que capitalizar para desarrollar senderos tecnológicos en el nuevo área. Vale recordar que los grandes desarrollos de complejos químicos suelen ser de tecnologías y patentes extranjeras, de grandes jugadores de I+D en bienes de capital. Dentro del nuevo paradigma de la química verde, Argentina y la provincia parte con un gran stock de capacidades y conocimientos, por lo cual la captura de valor asociada a la ingeniería y el desarrollo tecnológico, profundamente enraizado con la mejora competitiva, parece posible de ser realizado de manera local.

La provincia cuenta ya con un recorrido más que importante a nivel mundial en el complejo sojero, y en particular en el de biodiesel, el cual ha seguido avanzando en la captura de valor por la vía de agregados de procesos a, por ejemplo, la glicerina, punto de partida posible para el desarrollo de toda una rama de la química verde, la oleoquímica. La revisión de las tendencias dentro del mercado de la glicerina, a la vez que las posibilidades de elaboración de subproductos que de ella parten, esbozan un más que promisorio panorama.

Así entonces, desde el punto de vista de las condiciones locales, la evidencia revisada muestra que existe una acumulación de capacidades producto de un largo recorrido que hace pensar, y muestra ya, en la posibilidad de avanzar en rutas más sofisticadas para el desarrollo de las biorrefinerías y la bioeconomía. La presente ventana de oportunidad, definida por la existencia de grandes espacios para la innovación en lo que hace a procesos de transformación de biomasa en biorrefinerías, exige para su aprovechamiento, el alineamiento de políticas energéticas, industriales, productivas y de ciencia y tecnología en pos de la oportunidad.

Dado que se trata, respecto del momento del proceso de cambio tecnológico mundial, de un momento relativamente inicial, las oportunidades están a “ tiro ” de investigación y desarrollo de laboratorio, que luego sólo exige una validación respecto de condiciones tecno-económicas de operación comercial. En tal sentido, los incipientes desarrollos realizados con apoyo de FONARSEC en instituciones de la provincia como INCAPE, marcan un rumbo y exigen apoyo para catalizar esfuerzos.

A partir entonces de lo reseñado, se pasará a realizar algunas recomendaciones de posibles agendas y acciones.



## **VII.ii La agenda emergente**

En el recorrido del trabajo se han llegado a identificar temas que, de buscar llevarse adelante una política provincial más activa en el campo de las biorrefinerías, deberían ser considerados.

- Estudios que profundicen en diversas alternativas de biorrefinerías a partir de la realidad productiva de la provincia. Se trataría de revisar las rutas o recorridos químicos posibles de cada una de las economías de relevancia en la provincia, de modo de caracterizar la existencia o no de oportunidad y su relevancia potencial.
- Desarrollo de una mesa de trabajo provincial en la temática. La creación de un ámbito que permita juntar a los actores de la temática, construir diagnósticos y elaborar alternativas resulta indispensable si se quiere mejorar políticas y acelerar el despegue de la temática.
- Mapeo de proyectos en la provincia de biorrefinerías. La información que existe es difusa, incompleta, desactualizada y parcial, se debe contar con una línea de base precisa para poder conocer estado del arte y acelerar su desarrollo.
- Identificación de líneas de trabajo de investigación y desarrollo existentes en la provincia en la temática. El sistema de ciencia y tecnología afincado de la provincia resulta también un tanto opaco y/o complejo en su acceso para conocer el estado del arte y las posibles oportunidades en ciernes, mejorar el acceso a dicha información es indispensable para no perder oportunidades y mejorar impactos que de otro modo se van de la provincia, por ejemplo, en la forma de patentes vendidas al exterior.
- Desarrollo de una estrategia provincial en la temática. Al tratar se de un área multidisciplinaria en términos de la definición del problema y la coordinación de actores que implica, el campo de las biorrefinerías requiere de una hoja de ruta para su desarrollo si a lo que se aspira es a capturar valor para la provincia. Ello implica contar con una planificación que defina las prioridades y objetivos de la provincia, cuáles son los hitos camino a su logro, y las herramientas de política involucradas para ello.
- Construcción de estudios de base para transición energética provincial sobre la base del apalancamiento de capacidades existentes en la provincia. Tal como se ha mostrado en la caracterización energética de la provincia, se trata de una importadora neta, en tanto que el logro de una transición que armonice los objetivos de descarbonización y competitividad requiere de un enfoque integral que armonice los aprovechamientos locales, las economías de escalas logradas en otras regiones energéticas y un esquema general que

potencie el desarrollo provincia, todo lo cual requiere de una sólida y sistemática política basada en un plan de largo plazo.

### **VII.iii El corto y mediano plazo**

Tal como se ha apreciado en el trabajo, existe en la provincia una amplia masa crítica de recursos y capacidades que sólo precisan un relativamente pequeño esfuerzo desde el lado de las políticas públicas para comenzar a capturar la oportunidad que se configura en la intersección de la transición energética y la emergencia de la bioeconomía. Las trayectorias relacionadas con los sectores productivos, industriales, tecnológicos y de ciencia y tecnología han acumulado un conjunto de capacidades que, con un esfuerzo de política que cubra áreas de vacancia tecno-económicas, pueden ser transformadas en resultados inéditos para el país y la provincia.

Las áreas de vacancia constituyen restricciones al desarrollo, pues en lo que hace al desarrollo de nuevas oportunidades, sectores o negocios, no permiten completar las trayectorias que buscan llevar a condiciones comerciales nuevos productos o servicios. Una restricción al desarrollo del país en el campo industrial tecnológico que resulta histórica es la escasa tasas de éxito en el pasaje del laboratorio a la economía industrial, o dicho en otros términos, la proliferación de prototipos que nunca pasan a producción.

En el campo de las biorrefinerías, esto se ilustra en las dificultades para pasar de los prototipos de laboratorio a validaciones de proceso en escalas piloto que permitan saltar a proyectos de escala industrial, lo cual requiere validar no sólo los procesos, sino también cuestiones de economía industrial, ingeniería, economía del proceso, escalabilidad, balances de masa, etc. Este tipo de validaciones se pueden resolver de varias maneras, siendo el modo más usual en el primer mundo, la existencia de facilidades para tal fin o esquemas de asociaciones tipo spin-off con fondos especializados en inversiones de riesgo.

De más está señalar que, en la históricamente compleja realidad macro del país, la tendencia histórica ha sido hacia la fuga de proyectos al exterior, donde venta de patentes mediante o asociaciones con grandes jugadores, se exterioriza el proceso de validación y escalado, y también los beneficios. Planteado esto entonces, una forma de adaptarse a la realidad del país y acelerar el proceso bajando a la vez el nivel de riesgo, es la constitución de plataformas para validar procesos en escala prototipo, de modo de conectar la etapa de I+D con el proceso de innovación empresarial.

Al respecto, y en vista de que la provincia posee ventajas dentro de la cadena oleoquímica, deberían priorizarse acciones en dicha ruta de la química verde. Esto

en tanto que, como se ha revisado en los capítulos precedentes, el desarrollo de agregado de valor a partir de la glicerina de origen vegetal se encuentra en ebullición a nivel mundial, a la vez que la emergencia de un mercado que premia la baja huella de carbono configura interesantes oportunidades para el reemplazo de derivados de la petroquímica por opciones verdes.

Así, y teniendo en cuenta las capacidades provinciales, el desarrollo de plataformas para la validación de procesos y espacios de articulación / asociación entre actores públicos y privados, resulta indispensable para acelerar tiempos y generar las condiciones de posibilidad de captura local de valor. Recordemos que, en condiciones de subdesarrollo o periféricas como la de Argentina, el Estado debe jugar en muchas oportunidades, el rol de impulsor que rompa las tendencias dominantes, y en términos de oportunidad histórica, sería una enorme pérdida que el Estado no se decida a ejercer un rol decidido en el impulso y desarrollo de la agenda de las biorrefinerías.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Abramovitz, M. 1986. Catching up, forging ahead and falling behind. The Journal of Economic History, Vol. 46, No. 2, The Tasks of Economic History. USA. Jun., 1986.pp. 385-406.
- Allen, R. C. 2004. Revolución en los campos. La reinterpretación de la revolución agrícola inglesa. SEHA. Zaragoza.
- Annukka Näyhä. 2012. Towards Bioeconomy A Three-Phase Delphi Study on Forest Biorefinery Diffusion in Scandinavia and North America. Doctoral dissertation. Jyväskylä, 2012.
- Amable, B., Barré y Boyer, R. (2008). Los sistemas de innovación en la era de la globalización. Buenos Aires. Miño y Dávila.
- Amsden, A. 1989. Asia's next giant. South Korea and late industrialization. Oxford. Reino Unido. Oxford University Press. Artículo.
- Area, M.C. (2022). Biorrefinerías en la Argentina y el mundo ¿mito o realidad?. Disponible en <https://www.argentinaforestal.com/2022/02/03/biorrefinerias-en-la-argentina-y-el-mundo-mito-o-realidad/>
- Arocena, R., J. Sutz. 2003. Subdesarrollo e Innovación. Navegando contra el viento. Madrid. Cambridge University Press
- Arthur, W. B. (1994). Increasing Returns and Path-Dependency in the Economy. Michigan, USA. University of Michigan Press.
- Ascúa, R. (2003). La creación de competencias dinámicas bajo un contexto de inestabilidad macroeconómica: el caso Edival. Buenos Aires. CEPAL.
- Ashraf, M. T., Torres, A. I., Schmidt, J. E., y Stephanopoulos, G. (2019). Analysis and Optimization of Multi-actor Biorefineries. In Biorefinery (pp. 49-75). Springer, Cham.
- Astarita, R. 2010. Economía política de la dependencia y el subdesarrollo. Tipo de cambio y renta agraria en la Argentina. Bernal. Universidad Nacional de Quilmes Editorial. 2010. Libro.
- Bianco, C., y Porta, F. (2005). Las visiones sobre el desarrollo argentino: consensos y disensos. En Argentina. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva (2005). Bases para un plan

estratégico de mediano plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2015: visiones y escenarios (Anexo 1, pp. 9-55). Buenos Aires: Autor

Bocchetto, R., Gauna, D., Bravo, G., González, C., Rearte, M., Molina Tirado, L., Hilbert, J., Eisenberg, P., Lecuona, R., Taraborrelli, D., Papagno, S., Vaudagna, S. (marzo, 2021). Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles. Proyecto "Bioeconomía Argentina: Construyendo un Futuro Inteligente y Sustentable para el Norte Argentino 2030". MINCyT - INTAINTI-UNNE-UNSa-UNSE. Síntesis para Tomadores de Decisiones. Buenos Aires. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/9399#>

Bioeconomy. Washington, DC.

Bolsa de Comercio de Rosario. 2021. Rol estratégico de la provincia de Santa Fe y desafíos económicos en un contexto de pandemia. Disponible en <https://www.bcr.com.ar/es/print/pdf/node/85699>

BP. 2016. BP Statistical review of world energy. Disponible en: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

Cardoso, F. H, E. Faletto. 2002. Desarrollo y dependencia en América Latina. Buenos Aires. Siglo XXI Editores.

Castignani, H. 2011. Zonas Agroeconómicas Homogéneas Santa Fe. INTA. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-zah\\_santa\\_fe.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-zah_santa_fe.pdf)

Castilla-Archilla, J., O'Flaherty, V., Lens, P.N.L. (2019). Biorefineries: Industrial Innovation and Tendencies. In: Bastidas-Oyanedel, JR., Schmidt, J. (eds) Biorefinery. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5_1).

CEPAL (2017) Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas AUTOR: Rodríguez, Adrián G. - Mondaini, Andrés O. - Hitschfeld, Maureen A. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42427-bioeconomia-america-latina-caribe-contexto-global-regional-perspectivas>

CIECTI. (2019). Santa Fe. Lineamientos estratégicos para la política de CTI. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos\\_estrategicos\\_para\\_la\\_politica\\_de\\_cti\\_-\\_santa\\_fe.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos_estrategicos_para_la_politica_de_cti_-_santa_fe.pdf)

Consejo Federal de Inversiones. 2020. Informe Oferta Exportable Provincial - Santa Fe. Disponible en [https://www.cfi.org.ar/uploads/2021/06/1624046838arch\\_38\\_1.pdf](https://www.cfi.org.ar/uploads/2021/06/1624046838arch_38_1.pdf)

CPCE. 2007. La energía en la provincia de Santa Fe. Un análisis estructural de las fortalezas y debilidades. Rosario. Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la Provincia de Santa Fe - Fundación del Banco Municipal de Rosario

Cristóbal, J. C. T. Matos, J. Aurambout, S. Manfredi, and J. Crist. 2016. Environmental sustainability assessment of bioeconomy value chain. Biomass and Bioenergy, vol. 89, pp. 159–171, 2016.

Dossl, G. 2003. Paradigmas y trayectorias tecnológicas. Una interpretación de las determinantes y direcciones del cambio tecnológico. Publicado en Ciencia, tecnología y crecimiento económico. F. Chesnais y J. C. Neffa compiladores. Buenos Aires. CEIL-PIETTE CONICET

Escorsa Castells, P. y Valls Pasola, J. (2008). Tecnología e innovación en la empresa. México. Alfaomega.

Faberger, J. (2003). Innovation: A Guide to the Literature. Centre for Technology, Innovation and Culture. Oslo University

FAO. 2018. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Santa Fe*. [Colección Documentos Técnicos N° 8]. Buenos Aires.

Freeman, C. 1993. La experiencia de Japón: el reto de la innovación. Caracas. Editorial Galac. Libro.

Freeman, 2003. La naturaleza de la innovación y la evolución del sistema productivo. Publicado en Ciencia, tecnología y crecimiento económico. F. Chesnais y J. C. Neffa compiladores. Buenos Aires. CEIL-PIETTE CONICET. Libro.

Formichella, M. M. (2005, enero). La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo. Monografía realizada en el marco de la Beca de Iniciación del INTA: “Gestión del emprendimiento y la innovación”, Tres Arroyos

Gallopin, G. (2004), “La sostenibilidad ambiental del desarrollo en Argentina: tres futuros”, Serie Medio Ambiente y Desarrollo 91, CEPAL. [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5624/S049721\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5624/S049721_es.pdf)

Garcia, R. 2013. Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. México. Gedisa editorial.

Gómez San Juan, M., Bogdanski, A. y Dubois, O. (2019). Towards Sustainable Bioeconomy. Lessons Learnt from 26 Case Studies. FAO, United Nations. Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/ca4352en/ca4352en.pdf>

Golden, J. S. And R. B. Handfield. 2014 Why biobased? Opportunities in the Emerging

Hirsch, S. 1965. The United States electronic industry in international trade. U.K. National Institute Economic Review N° 34.

IICA (2021) Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, C.R.: IICA, 2021 <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18564>

IICA PROCISUR (2019) El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo global- Megatendencias, incertidumbres críticas y preguntas claves para el futuro de los sistemas agropecuarios y agroalimentarios del Cono Sur <https://www.procisur.org.uy/bibliotecas/documentos/sintesis-del-estudio-prospectivo/es>

INTA (2020) Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles. Documento de trabajo <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/8662>

INTA Introducción a la Prospectiva de la Ciencia, Tecnología e Innovación MÓDULO 3 Profundización en tres métodos y técnicas: Escenarios, Backcasting y Delphi (s/f) Autores Diego Gauna, Mercedes Patrouilleau, Paula Schuff, Leticia González. [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7644/INTA\\_CIE\\_P\\_Gauna\\_D\\_Profundizacion\\_tres\\_metodos\\_tecnicas.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7644/INTA_CIE_P_Gauna_D_Profundizacion_tres_metodos_tecnicas.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Kamm B, Kamm M. 2004. Principles of biorefineries. Appl Microbiol Biotechnol 64(2):137–145.doi:10.1007/s00253-003-1537-7.

Kline, S. J y Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En The positive sum strategy: Harnessing technology of economic growth. Washington D.C. The National Academy Press

Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. World Development, vol. 20, N° 2, Oxford, Reino Unido, Pergamon Press.

López, A. F. 2007. Desarrollo económico y sistema nacional de innovación en la Argentina. Buenos Aires. EDICON

López, F. (1998). La reciente literatura sobre la economía del cambio tecnológico y la innovación: una guía temática. En I&D Revista de Industria y Desarrollo, 1(3). Buenos Aires.

López, A. F. (2007). Desarrollo económico y Sistema Nacional de Innovación en la Argentina (1a ed.). Buenos Aires: Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Lundvall, B-A. (2009). Sistemas nacionales de innovación. Hacia una teoría de la innovación y el aprendizaje por interacción. Buenos Aires. UNSAM edita.

Milesi, D., Novick, M. y Yoguel, G. (2004). Tramas productivas y desarrollo de ventajas competitivas: la red de proveedores de Siderca y Siderar. Boletín Informativo de Techint N° 134. Buenos Aires. Mayo-Agosto 2004.

MINCyT. (2022). Ficha Provincial de Santa Fe. Sistema de Ciencia y Tecnología (SICYTAR). Disponible en: <https://sicytar.mincyt.gob.ar/informesprovinciales/#/vista-provincia?provincia=SANTA%20FE>

Ministerio de Economía de la Nación. 2022. *Cadenas Productivas Argentinas*.

Disponible en

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cadenasproductivasargentinas\\_trabajomadre\\_mayo2022.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cadenasproductivasargentinas_trabajomadre_mayo2022.pdf)

Ministerio de Energía y Minería. 2016. *Balance Energético Nacional 2015*.

*Documento Metodológico*. Disponible en

[https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/energia\\_en\\_gral/balances\\_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf](https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf)

Ministerio de Hacienda de la Nación. 2017. *Informes Productivos Provinciales*.

*Santa Fe*. Disponible en

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_productivo\\_santa-fe.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_productivo_santa-fe.pdf)

Ministerio de Hacienda de la Nación. 2019. *Informe Cadenas de Valor. Cereales:*

*Maíz*. Disponible en

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro\\_cadenas\\_de\\_valor\\_maiz.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_maiz.pdf)

Ministerio de Hacienda de la Nación. 2019b. *Informe Cadenas de Valor*.

*Oleaginosas: Soja*. Disponible en

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro\\_cadenas\\_de\\_valor\\_soja.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_soja.pdf)

Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). The knowledge creating company. Oxford University Press. Oxford.



OCDE-EUROSTAT (2006). Manual de Oslo 3º edición. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. TRAGSA. Madrid.

OIT. 2019. Documento de trabajo N° 29. La cadena de suministro de biodiésel en Argentina: ¿una oportunidad para el avance social? Oficina de País de la OIT para la Argentina.

Pérez, C. 1985. Microelectrónica, ondas largas y cambio estructural mundial. Nuevas perspectivas para los países en desarrollo. Versión en castellano de la autora, disponible en [www.carlotaperez.org](http://www.carlotaperez.org). Publicado originalmente en inglés en World Development, Vol. 13 N° 3. Marzo 1985, pp. 441-463. Artículo.

Pérez, C. 2001. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. Santiago de Chile. Diciembre de 2001. Revista de la Cepal N° 75.

Pérez, C., 2004. Revolución tecnológica y capital financiero. México: Siglo XXI Editores.

Pérez, C. 2010. Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales. Santiago de Chile: Abril de 2010. Revista de la Cepal N° 100. Artículo

(Pérez y Soete, 1988), Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity

Porta, F. y Baruj, G. 2019. *Lineamientos estratégicos para la política de CTI - Santa Fe*. CIECTI. Disponible en [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos\\_estrategicos\\_para\\_la\\_politica\\_de\\_cti\\_-\\_santa\\_fe.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos_estrategicos_para_la_politica_de_cti_-_santa_fe.pdf)

Porter, M. (1990). La ventaja competitiva de las naciones. Buenos Aires: Vergara

Provincia de Santa Fe. 2011. *Plan Estratégico Provincial*. Disponible en <https://www.santafe.gov.ar/archivos/PEP.pdf>

Provincia de Santa Fe. 2016. *Las ecoregiones, su conservación y las Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Santa Fe*. Disponible en [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/229660/1202209/file/LIBRO%20ECOREGIONES\\_web.pdf](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/229660/1202209/file/LIBRO%20ECOREGIONES_web.pdf)

Provincia de Santa Fe. 2016b. *Santa Fe - Capacidades y estrategias para una inserción global competitiva*. Disponible en <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/243243/1281331/file/Santa%20Fe%20->

[%20Capacidades%20y%20estrategias%20para%20una%20inserci%C3%B3n%20global%20competitiva.pdf](#)

Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía. (2006, junio). Competitividad: marco conceptual y análisis sectorial para la provincia de Buenos Aires. Cuadernos de Economía, n° 74.

RICYT/OEA/CYTED. (2001). Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe: Manual de Bogotá. Colombia. COLCIENCIAS/OCYT.

Roger, D. D. (2015). Ventana de oportunidad para el desarrollo del sector eólico argentino. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Buenos Aires.

Rosenberg, N. 2003. Ciencia, innovación y crecimiento económico. Publicado en Ciencia, tecnología y crecimiento económico. F. Chesnais y J. C. Neffa compiladores. Buenos Aires. CEIL-PIETTE CONICET. Libro.

Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. En International Marketing Review, 11(1), pp. 7-31. MCB University Press.

Santa Fe. (2022). Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación. Disponible en: [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/242087/\(subtema\)/236062](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/242087/(subtema)/236062)

Seijó, G. L. y Cantero, H. (2012). ¿Cómo hacer un satélite espacial a partir de un reactor nuclear?. En Revista REDES, vol. 18, N° 35. Bernal, Buenos Aires.

Sistema de Información Simplificado Agrícola. 2021. *Soja 2020-2021*. Disponible en [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_soja2020\\_2021.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_soja2020_2021.pdf)

Smil, V. 2013. Energy transities. California, EUA. Greenwood publishing group

Suarez, D. (2013). El sistema argentino de innovación: instituciones, empresas y redes. Buenos Aires. Editorial Universidad Nacional de General Sarmiento.

Teece, D.J., Pisano, G. y Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. En Strategic Management Journal, 18(7), pp. 509-533.

Thomas, H, Santos, G. y Fressoli, M. (2013). Innovar en Argentina. Buenos Aires. Editorial Lenguaje Claro.

Wells, L. 1972. International trade: The product life cycle approach. Publicado en The product life cycle and international trade. L. WELLS editor. Boston. Harvard University, Graduate School of Business Administration, Division of Research.

Yoguel, G. y López, M. (2000). Sistemas locales de innovación y el desarrollo de la capacidad innovativa de las firmas: las evidencias del cuasi distrito industrial de Rafaela. En Revista Redes, N° 15. Bernal.

#### **Bases de datos consultadas**

- Portal de datos abiertos. Energía:  
<https://datos.gob.ar/dataset?organization=energia>
- Visor SIG - Información Geográfica de Energía:  
<https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php>
- CAMMESA. Generación eléctrica  
<https://public.tableau.com/app/profile/alejandro.demel/viz/GeneracinElectrica-CAMMESA/Dashboard1?publish=yes>
- ENERFE  
<https://www.santafe.gob.ar/ms/enerfe/>

#### **Páginas web consultadas**

<https://www.bioeconomia.info/2021/09/21/pronostican-un-fuerte-expansion-en-el-mercado-de-glicerina/>

<https://www.larepublica.co/globeconomia/biodiesel-grupo-argentino-entra-a-megaproyecto-de-glicerina-en-europa-3312810>

<https://www.iprofesional.com/comex/286262-industria-exportacion-biodiesel-Avanza-la-produccion-de-glicerina-de-alta-calidad-en-Argentina>

<https://noticias.entrerios.gov.ar/notas/la-planta-de-glicerina-ms-moderna-del-pas-proyecta-exportar-desde-el-puerto-de-concepcin-del-uruguay.htm>

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/glycerin-market>

<https://www.cronista.com/empresas-seccion/gbe-incremento-en-un-125-las-ventas-de-glicerina-refinada-en-2021/>

<https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios>

<https://cipibicargentina.org.ar/>

## **Sobre los/la autores/a**

**Fabián Oscar Orjuela Guerra** / Licenciado en Sociología (UBA), investigador especializado en gestión, diseño, análisis y seguimiento de políticas públicas y proyectos relacionados con desarrollo sustentable, cambio tecnológico, transición energética e inclusión social.

**Silvina Graciela Papagno** / Licenciada en Ciencia Política (UBA), con posgrados en Desarrollo Local, Territorial y Economía Social y en Gestión y Control de Políticas Públicas (FLACSO Argentina), Magister en Gobierno (UBA), especializada en Prospectiva Territorial y Desarrollo Sostenible y Políticas de Ordenamiento Territorial (ILPES CEPAL).

**Diego Daniel Roger** / Licenciado en Ciencia Política (UBA), Magíster en Dirección estratégica y Tecnológica (ITBA), investigador en especializado en estudios económicos del desarrollo en el área de las energías renovables y la transición energética (UNQ).