



**CIECTI**

Centro Interdisciplinario  
de Estudios en Ciencia,  
Tecnología e Innovación

# ACUMULACIÓN DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS Y ESPECIALIZACIÓN PRODUCTIVA: EL ROL POTENCIAL DE LAS ACTIVIDADES BASADAS EN RECURSOS NATURALES

Darío Milesi, Carlos Aggio, Vladimiro Verre y Miguel Lengyel

DT  
20

# ACUMULACIÓN DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS Y ESPECIALIZACIÓN PRODUCTIVA: EL ROL POTENCIAL DE LAS ACTIVIDADES BASADAS EN RECURSOS NATURALES

**DOCUMENTO DE TRABAJO N° 20**

Darío Milesi, Carlos Aggio, Vladimiro Verre y Miguel Lengyel

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**





**CIECTI**

Centro Interdisciplinario  
de Estudios en Ciencia,  
Tecnología e Innovación

Acumulación de capacidades tecnológicas y especialización productiva :  
el rol potencial de las actividades basadas en recursos naturales / Darío  
Milesi ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CIECTI,  
2020.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
**ISBN 978-987-4193-44-5**

1. Recursos Naturales. 2. Innovaciones. 3. Economía. I. Milesi, Darío.  
CDD 333.715

La investigación que dio base a este estudio finalizó en diciembre de 2019 .

© 2020 CIECTI

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

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

# AUTORIDADES

## ASOCIACIÓN CIVIL CIECTI

### **Presidente**

Gustavo Lugones

### **Vicepresidente**

Héctor Otheguy [1947-2020]

### **Secretario**

Luis Alberto Quevedo

## EQUIPO EDITORIAL

### **Coordinación editorial**

Fernando Porta

Celeste De Marco

### **Edición**

Mara Sessa

### **Diseño editorial**

Lea Ágreda

# ÍNDICE

Índice .....	4
Siglas .....	5
Resumen .....	6
Resumo .....	7
Abstract .....	8
Introducción .....	9
Especialización y acumulación de capacidades tecnológicas .....	10
La innovación en recursos naturales y en actividades basadas en recursos naturales .....	15
Estudios de caso .....	20
Producción de semillas .....	20
Hidrocarburos no convencionales .....	24
Energía eólica .....	25
Síntesis e interpretación estilizada .....	27
Conclusiones .....	32
Bibliografía .....	34

## SIGLAS

ABRN	actividades basadas en recursos naturales
CIRN	conocimiento idiosincrático del recurso natural
CTI	ciencia, tecnología e innovación
GM	genéticamente modificadas
I+D	investigación y desarrollo
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OVGM	organismo vegetal genéticamente modificado
PYG	petróleo y gas
TIC	tecnologías de la información y las comunicaciones
TPG	tecnologías de propósito general

## RESUMEN

Este estudio aborda el debate sobre la relación entre la especialización productiva y la acumulación de capacidades tecnológicas. En particular analiza si es posible transitar un sendero hacia una economía más intensiva en conocimiento manteniendo una especialización con predominio de actividades basadas en recursos naturales, o si, por el contrario, el cambio estructural hacia un mayor peso de las actividades manufactureras, en particular las consideradas de alta tecnología, es una precondition para transitar ese sendero. En el desarrollo de ese debate, el estudio profundiza sobre las particularidades que asume la innovación en las actividades basadas en recursos naturales e ilustra los argumentos con evidencia derivada de tres estudios de caso llevados a cabo en el CIECTI—semillas, petróleo y gas no convencional y energía eólica—. El estudio concluye que si se conjugan un conjunto de condiciones, como relevancia económica, elevada importancia de condiciones idiosincráticas en el desarrollo de las actividades y un rol significativo de tecnologías de propósito general en su nueva base de conocimientos, existe una oportunidad para que las actividades basadas en recursos naturales constituyan un espacio propicio para el aprendizaje tecnológico.

### Palabras clave

*aprendizaje*  
*desarrollo*  
*innovación*  
*conocimiento idiosincrático*  
*recursos naturales*

## RESUMO

Este estudo aborda o debate sobre a relação entre especialização produtiva e acumulação de capacidades tecnológicas. Em particular, analisa se é possível avançar para uma economia mais intensiva em conhecimento mantendo uma especialização com predomínio de atividades baseadas nos recursos naturais, ou se, pelo contrário, a mudança estrutural para um maior peso das atividades transformadoras, em particular as consideradas de alta tecnologia, é uma condição prévia para avançar nessa via. No desenvolvimento desse debate, o estudo investiga as peculiaridades assumidas pela inovação em atividades baseadas em recursos naturais e ilustra os argumentos com evidências derivadas de três estudos de caso realizados no CIECTI - sementes, petróleo e gás não convencionais e energia eólica. O estudo conclui que se um conjunto de condições são combinadas, como relevância econômica, alta importância das condições idiossincráticas no desenvolvimento das atividades e um papel significativo das tecnologias de uso geral, há uma oportunidade para que as atividades baseadas em recursos naturais constituam um espaço propício para a aprendizagem tecnológica.

### Palavras-chave

*aprendizagem*  
*desenvolvimento*  
*inovação*  
*conhecimento idiossincrático*  
*recursos naturais*



## ABSTRACT

This study engages in the debate on the relationship between productive specialization and technological capabilities accumulation. In particular, it analyses a potential move towards a more knowledge intensive economic structure through the intensification and enlargement of natural resources-based activities as opposed to the conventional thinking where structural change occurs only as a result of the creation and expansion of a high-tech manufacture industry. As part of the debate, the study discusses in depth the specificities of innovation in natural resources-based activities relying on evidence gathered and analysed in three previous CIECTI case studies: seeds, non-conventional oil and gas and wind energy. The main argument of the study is that the combination of economic relevance of the activities involved, high importance of idiosyncratic knowledge needed to develop those activities, and an increasing role of the new general-purpose technologies, opens up opportunities for natural resources-based activities as a main driver for technological learning and accumulation.

### Keywords

*learning*  
*development*  
*innovation*  
*idiosyncratic knowledge*  
*natural resources*

## Introducción

La economía argentina muestra una elevada especialización en actividades basadas en recursos naturales (ABRN). Si bien los productos de estas actividades son caracterizados en general como *commodities* debido a su escasa diferenciación que los convierte en precio-aceptantes a nivel internacional, en muchos casos estas actividades están transitando un sendero de incremento en sus ritmos de innovación. También están virando hacia nuevas tecnologías en marco de un cambio de paradigma en el que, a partir de la creciente importancia de la biología y la genética aplicadas a la producción, parece haber mayores posibilidades para que actividades tradicionalmente consideradas de baja tecnología dejen de serlo. En este contexto, el presente estudio aborda el debate acerca de si es posible transitar un sendero hacia una economía más intensiva en conocimiento al mantener la especialización sectorial con predominio de las ABRN, o si, por el contrario, el cambio estructural hacia un mayor peso de los sectores manufactureros, en particular los considerados de alta tecnología, es una precondition para transitar ese sendero. El debate se enriquece con una discusión en detalle sobre las particularidades que asume la innovación en las ABRN y con evidencia en tres estudios de caso –semillas, petróleo y gas (PYG) no convencional y energía eólica–, que dan elementos para reflexionar acerca de la posibilidad de desarrollar procesos de aprendizaje tecnológico en estas actividades.

El trabajo está organizado en cuatro secciones. La primera está destinada a revisar los debates acerca de la vinculación entre la especialización en ABRN y la acumulación de capacidades tecnológicas. La segunda discute las especificidades de la innovación en ABRN y argumenta sobre el potencial de estas actividades para propiciar procesos de aprendizaje tecnológico. La tercera sección ofrece evidencia sobre los argumentos previos a partir de los tres estudios de caso mencionados previamente. Y la última sección aporta las conclusiones e implicancias del trabajo.

## Especialización y acumulación de capacidades tecnológicas

La capacidad de los recursos naturales para promover el desarrollo económico de los países que los poseen en abundancia ha sido cuestionada desde la consolidación de las actividades industriales.

La economía del conocimiento, a partir de la tradición estructuralista y neoschumpeteriana, asocia la posibilidad de generar conocimiento y las condiciones necesarias para transitar un sendero de desarrollo sustentable con la especialización en actividades manufactureras consideradas de alta tecnología. Se argumenta que estas actividades, además de contar con un mayor potencial innovador, compiten por diferenciación y agregado de valor—en lugar de costos—, requieren capacidades e inversiones en investigación y desarrollo (I+D), cuentan con una mayor proporción de recursos humanos calificados—los que a su vez reciben mayores remuneraciones y acceden a mejores niveles de vida—e incrementan las posibilidades de difundir conocimiento y generar externalidades positivas. En este marco, un país con una canasta de producción y exportación crecientemente orientada hacia este tipo de bienes tendría mejores posibilidades de crecimiento y desarrollo que uno con otra orientación. La especialización de los países se analiza generalmente en función de la composición sectorial de las canastas productivas y exportadoras y, para operacionalizar el concepto, se recurre a taxonomías que clasifican a los sectores de acuerdo a sus características tecnológicas. Las más utilizadas son la conocida taxonomía de Pavitt (1984) y las más recientes clasificaciones de Lall (2000) y de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Hatzichronoglou, 1997; Loschky, 2008).

Para el caso latinoamericano también se cuenta con clasificaciones adaptadas a las especificidades locales, tales como las de Ferraz *et al.* (1996), Katz y Stumpo (2001)—similares a la de Pavitt—y la de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe—similar a la de OCDE—. <sup>1</sup> Las comparaciones internacionales muestran con frecuencia que los países más desarrollados cuentan con estructuras caracterizadas por un mayor peso de sectores de alta tecnología y ratifican de alguna manera el argumento a favor de la especialización en esos sectores. Los estudios de los años setenta sobre aprendizaje tecnológico a través

<sup>1</sup> Cabe señalar que el CIECTI ha desarrollado y aplicado una nueva clasificación tendiente a capturar con la mayor precisión posible el contenido local—directo e indirecto—de investigación, desarrollo e innovación incluido en las exportaciones argentinas. Esta nueva taxonomía podría eventualmente replicarse en otras naciones de la región. Véase Bernat (2020).

de la imitación, la adaptación y el *learning by doing* en actividades manufactureras en los países latinoamericanos (Katz, 1972; Teitel, 1978) revelan un enfoque que va en esa misma dirección. También abonan la misma mirada los estudios neoestructuralistas y neorricardianos más recientes sobre diversificación hacia sectores de mayor “complejidad tecnológica” (Holland y Porcile, 2005; Brunini *et al.*, 2010).

Esta conclusión ha sido respaldada además por la hipótesis de la “maldición de los recursos naturales”. En la década de 1990, Sachs y Warner (1995 y 1999) y Gylfason *et al.* (1999), popularizaron esta hipótesis a través de estudios econométricos longitudinales que exponían que los países con abundancia de recursos naturales habían crecido más lentamente que el resto entre 1970 y 1990.<sup>2</sup> El principal argumento esgrimido para explicar ese resultado es el de la “enfermedad holandesa”.<sup>3</sup> Otro argumento se relaciona con el carácter de *commodities* de los bienes basados en recursos naturales, que los convierte en tomadores de precios internacionales y los deja vulnerables a las oscilaciones de los mercados, lo que afecta la previsibilidad de ingresos, las decisiones de inversión y los procesos de crecimiento. Respecto de los precios, Prebisch (1949) y Singer (1950) habían argumentado décadas antes que los países especializados en recursos naturales enfrentaban una disminución secular de sus términos de intercambio que incidía negativamente en sus posibilidades de crecimiento.

La visión estructural de la economía del conocimiento, con el respaldo de la hipótesis de la maldición de los recursos naturales y los restantes argumentos en la misma línea, concluye que si un país tiene una especialización sesgada hacia sectores de baja tecnología y ABRN debe promover un cambio estructural como condición necesaria para emprender un proceso de desarrollo económico basado en conocimiento.

Sin embargo, existen contraargumentos tanto conceptuales como empíricos a esta postura. En primer lugar, los estudios sobre especialización en términos de contenido tecnológico de los sectores se basan en clasificaciones que van quedando desactualizadas, en la medida en que algunas actividades clasificadas como de alta tecnología comienzan a madurar y que las empresas multinacionales —líderes de esos sectores— empiezan a deslocalizar procesos productivos de acuerdo a las ventajas comparadas de países receptores. En ese marco, algunos de estos países comienzan a verificar un cambio de sus estructuras

<sup>2</sup> La atención hacia la relación negativa entre abundancia de recursos naturales y crecimiento surgió por los estudios de Gelb (1988) y Auty (1990) sobre la incapacidad de los países productores de petróleo para sostener procesos duraderos de crecimiento, a partir de las ganancias inesperadas (*windfalls*) generadas por el embargo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, que cuadruplicó sus precios de exportación.

<sup>3</sup> Este concepto refiere a que cuando hay un *shock* repentino de riqueza por un *boom* de recursos naturales se genera un exceso de demanda de bienes no comercializables que hace subir sus precios y los salarios. Esto afecta la rentabilidad y competitividad de las actividades comercializables, como las manufacturas que usan esos insumos, lo que lleva a una disminución de la actividad manufacturera que se ramifica a otros sectores y detiene el proceso de crecimiento (Sachs y Warner, 2001; López, 2012).

productivas hacia una mayor participación de bienes manufactureros, y dentro de ellos los de alto contenido tecnológico, aunque sin necesidad de aportar capacidad tecnológica local, ya que se especializan en los procesos más estandarizados y menos demandantes de conocimientos y trabajo calificado. De este modo, dos países que a efectos de las taxonomías tecnológicas produzcan o exporten un mismo bien pueden estar realizando actividades sustancialmente diferentes.<sup>4</sup> Por lo tanto, la visión sectorial de la estructura productiva presenta limitaciones derivadas de la heterogeneidad interna de los sectores. A esta limitación se suma el hecho de que el comercio mundial brinda evidencias sobre la coexistencia, en un mismo eslabón de una cadena, de productores muy sofisticados y de alto valor agregado con productores de baja calidad y precio.<sup>5</sup>

En el plano conceptual, la noción de sector también resulta crecientemente limitada para reflejar la dinámica de interacción e interdependencia entre distintas actividades económicas a medida que las lógicas productivas se van modificando como consecuencia del cambio de paradigma en curso. En tal sentido, tanto la creciente transversalidad de la biotecnología, la nanotecnología, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y del conocimiento científico afín hacia actividades habitualmente asociadas a baja tecnología, como la evolución de las formas de organización y vinculación económica y social, tornan difusos los límites entre actividades, lo cual resta significado y utilidad al concepto mismo de sector como es entendido tradicionalmente. Muchas actividades económicas involucran combinaciones e interacciones diversas entre producciones primarias, manufactureras y de servicios y muestran, además, una elevada intensidad de conocimiento aun cuando no sea posible clasificarlas ni en un sector en particular ni en una categoría específica de las taxonomías tecnológicas. En este marco, a los fines de las consideraciones sobre intensidad tecnológica, el cómo se produce gana relevancia ante el qué se produce. Las historias de países como Finlandia (Blomström y Kokko, 2007), Australia (Ville y Wicken, 2013) o Noruega (Larsen, 2005; Fagerberg *et al.*, 2009; Ville y Wicken, 2013) ofrecen evidencia abundante en esa dirección.

<sup>4</sup> Por ejemplo, un país puede ser un importante exportador de computadoras pero se especializa sobre todo en el ensamblado final, tarea que tiene escasa complejidad y potencial de innovación; mientras que otro puede tener un peso importante en actividades como la fabricación de zapatos o las confecciones, que se consideran actividades de bajo contenido tecnológico en cualquier taxonomía, pero puede especializarse en las tareas de diseño, que son intensivas en la generación de conocimiento, diferenciación y agregado de valor.

<sup>5</sup> Este punto se expone con mayor claridad en los estudios sobre calidad exportadora, que muestran el elevado diferencial entre los precios de exportación que obtienen los países para un mismo bien y explicitan las diferencias productivas subyacentes a nivel internacional en todo el rango de bienes, desde los más modernos como los microprocesadores hasta los más tradicionales como calzados. Véase Lederman y Maloney (2012).

Las limitaciones de los análisis estructurales y la evidencia que refuta la hipótesis de la maldición de los recursos naturales<sup>6</sup> dan lugar a la consideración de una trayectoria de aprendizaje tecnológico alternativo o complementario al convencional, basado en actividades manufactureras. La figura 1 contrapone las dos opciones.

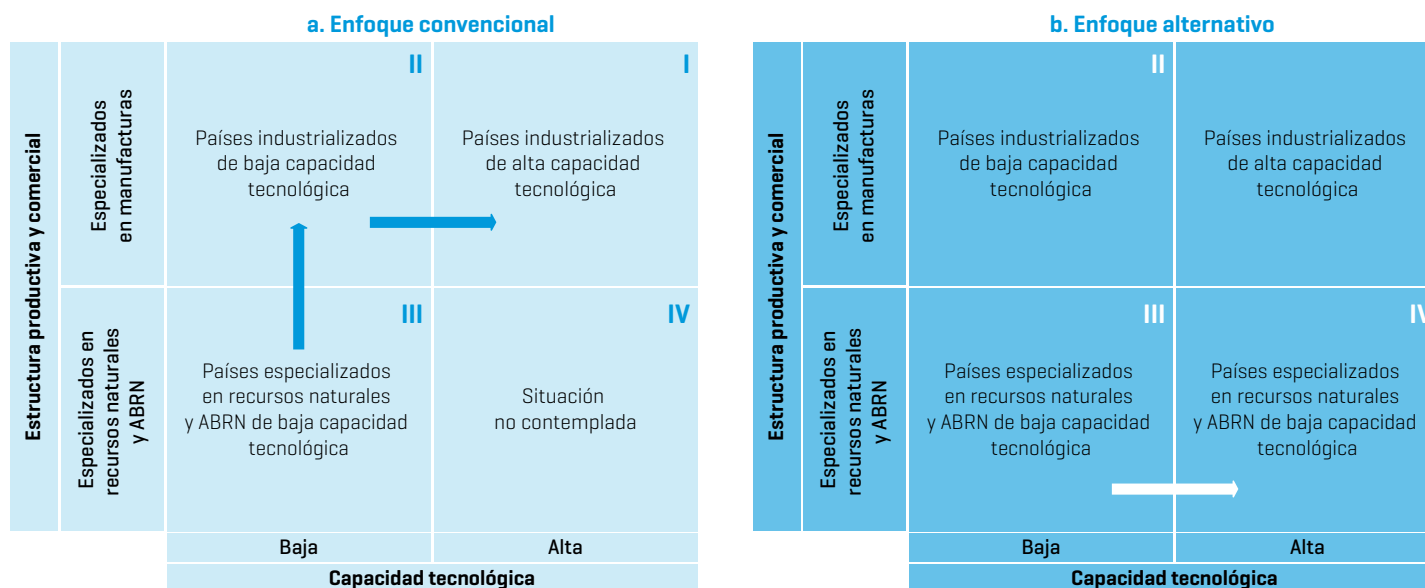
Como surge de lo anterior, en la visión convencional sobre desarrollo y cambio tecnológico, los recursos naturales y las ABRN tienen un rol menor en comparación con las actividades manufactureras, en particular con las de alto contenido tecnológico. En esa visión, para un país en desarrollo, la trayectoria a seguir para generar y acumular capacidades tecnológicas y, a partir de ello, alcanzar el desarrollo económico involucra, como primer paso necesario, un cambio de la estructura productiva y comercial hacia un mayor peso de esas últimas actividades. Aun más, el cambio de estructura, además de ser un paso necesario, asegura el logro de los objetivos vinculados al desarrollo: mayores capacidades tecnológicas y mayores ingresos. Es decir, se trata de una condición necesaria y suficiente. La figura 1a ilustra esta idea.

La flecha vertical indica el cambio estructural y la flecha horizontal el movimiento hacia mayores capacidades tecnológicas y niveles de ingreso, que es automático, en la medida en que está asegurado por el cambio estructural, aunque no instantáneo ya que requiere tiempo. Esto indica que un país especializado en recursos naturales y ABRN que, consecuentemente, tiene reducidas capacidades tecnológicas y bajos niveles de ingreso, debe emprender un cambio estructural hacia una economía más diversificada que incorpore niveles crecientes de manufacturas, especialmente de elevado contenido tecnológico, como un paso necesario y suficiente hacia el desarrollo. En tal sentido, la situación del cuadrante II es transitoria y constituye un paso necesario para avanzar al cuadrante I. En esta visión, la situación del cuadrante III, que correspondería a países especializados en recursos naturales y ABRN con elevadas capacidades tecnológicas, no sería posible como así tampoco el tránsito directo del cuadrante III al IV. La permanencia en el cuadrante III, por su parte, correspondería a la mencionada maldición de los recursos naturales.

Sin embargo, las limitaciones del enfoque y la evidencia internacional indican que esta visión recoge solo uno de los caminos posibles hacia la generación y acumulación de capacidades tecnológicas. Por un lado, hay países que han realizado el cambio estructural

<sup>6</sup> Además de los casos destacados mencionados (Australia, Finlandia y Noruega, o Nueva Zelanda o Canadá, entre otros), en los últimos años diversos estudios econométricos han puesto en duda la existencia de la maldición. Por ejemplo, Smith (2015) encuentra impactos positivos de los grandes descubrimientos de recursos naturales sobre el ingreso per cápita; Mehlum *et al.* (2006), Boschini *et al.* (2007), Cabrales y Hauk (2011) y Boschini *et al.* (2013) señalan que lo decisivo a los fines del crecimiento no es la riqueza en recursos naturales sino lo que denominan “calidad institucional”; Stinjs (2005) señala que lo fundamental no es la dotación sino la habilidad de un país para aprovechar sus recursos, lo cual depende fundamentalmente de los procesos de aprendizaje involucrados –tal como sugieren las y los historiadores–. Lederman y Maloney (2007), por su parte, sostienen que la econometría en la que se basa la hipótesis de la maldición adolece de insuficiencia en los datos, limitaciones en los indicadores y errores en las especificaciones de los modelos.

Figura 1 Enfoques para la generación y acumulación de capacidades tecnológicas



Fuente: Elaboración propia con base en Schteingart y Coatz (2015).

propuesto pero que no han logrado emprender un sendero de desarrollo sustentable, es decir, transitaron el camino indicado por la flecha vertical pero no el señalado por la flecha horizontal. México es un ejemplo de esta situación. Esto podría estar explicado por el hecho de que el movimiento horizontal está lejos de ser una consecuencia automática del cambio estructural; por el contrario, requiere de procesos de *upgrading* funcionales en cadenas de valor manufactureras dominadas por empresas multinacionales con casas matrices en países desarrollados. La experiencia latinoamericana, y en general de los países en desarrollo que cuentan con alguna producción manufacturera, muestra que estos procesos de *upgrading* se producen muy excepcionalmente (Dutrénit, 2016; Mancini, 2016; Porta *et al.*, 2017; Santarcángelo *et al.*, 2017). Por otro lado, existen países que sí se encuentran en el cuadrante IV, contrariamente a lo previsto por la visión convencional del cambio estructural. Esto indica que tal cambio estructural tampoco es una condición necesaria

para la generación de capacidades tecnológicas, lo que da lugar a la opción planteada en la figura 1b, que implica la posibilidad de realizar un aprendizaje tecnológico sin variar significativamente la especialización productiva y comercial.

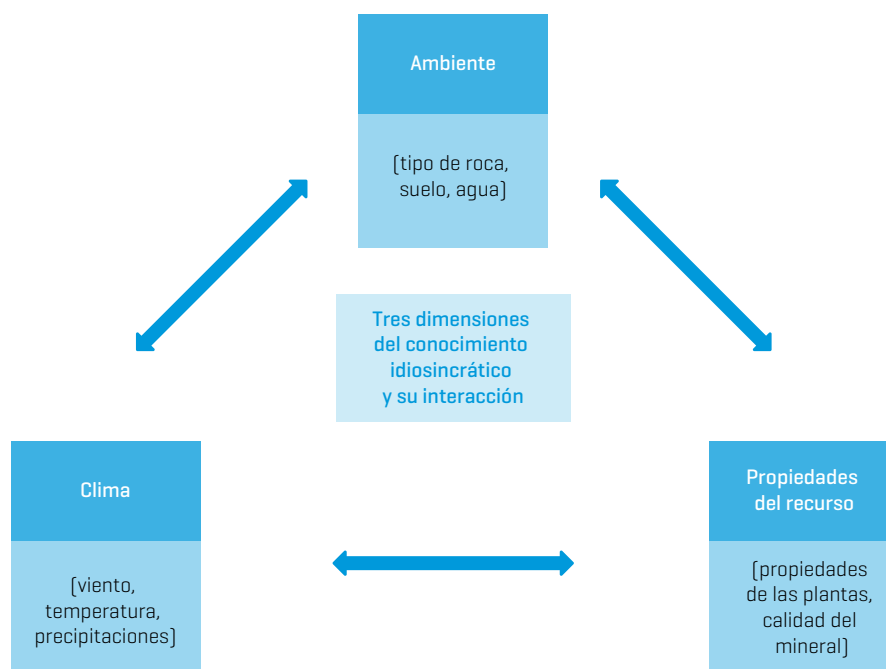
Surge en este marco un interrogante acerca de cuáles serían las condiciones que propiciarían ese aprendizaje tecnológico —necesario para transitar desde el cuadrante III al IV—. Para establecer una respuesta, resulta necesario comprender las particularidades de la innovación en las ABRN, tema que se desarrolla en la próxima sección.

## La innovación en recursos naturales y en actividades basadas en recursos naturales

La innovación en ABRN presenta particularidades en comparación con las manufacturas. A pesar de ello, como señalan Andersen y Wicken (2016), los estudios sobre innovación en ABRN tienden a aplicar marcos conceptuales desarrollados para las manufacturas que no resultan adecuados para entender cabalmente su lógica de cambio tecnológico.

Un aspecto que diferencia la producción de conocimiento entre las ABRN y las manufacturas es el peso decisivo de los componentes idiosincráticos de las primeras. La evidencia internacional muestra que el aprovechamiento eficiente y sustentable de los recursos naturales requiere conocer en detalle distintos aspectos del recurso en sí y de su entorno, lo cual involucra conocimiento idiosincrático. Con respecto a las propiedades del recurso que se vaya a producir o aprovechar, es necesario conocer las características de las especies vegetales, especies animales, los recursos hidrocarbúricos o recursos minerales, según sea el caso. En segundo lugar, esos recursos se encuentran o se desarrollan en un ambiente que incluye la ecología y la geología local. Por último, se debe considerar el factor del clima, donde se encuentran implicados los regímenes de lluvias, temperaturas, intensidad de los vientos, cantidad de horas con luz solar, entre otros. Esas tres dimensiones a su vez interactúan y dan lugar a diferentes configuraciones de producción eficiente y sustentable que son recurso y contexto específicos (figura 2).



**Figura 2** Dimensiones del conocimiento idiosincrático del recurso natural

Fuente: Andersen y Wicken (2016).

Estos rasgos diferencian a estas actividades de la industria manufacturera donde la relación insumo-producto es relativamente estable más allá de la localización. Si bien existen componentes idiosincráticos que afectan la productividad manufacturera, como la infraestructura de transporte, las capacidades tecnológicas locales, la cualificación de la mano de obra o las regulaciones ambientales y laborales, las formas estándar de producción se pueden seguir aplicando si se realizan algunos ajustes o adaptaciones sin alterar de manera significativa la relación básica entre insumo y producto. En las ABRN, por el contrario, las condiciones biológicas o geológicas, el ambiente y el clima forman parte integral de la "planta de producción". Esto implica que mientras las tecnologías que están detrás de la relación insumo-producto en la mayoría de las actividades manufactureras

tradicionales no varían sustantivamente en función de los sitios de producción, en las ABRN esta relación rara vez se mantiene estable de una locación a otra. Sin embargo, también se debe señalar que no todas las ABRN tienen componentes idiosincráticos de la misma magnitud ni de importancia similar en las tres dimensiones señaladas.<sup>7</sup> Cuando el conocimiento idiosincrático es importante, parte de la tecnología es aplicable en esa área geográfica limitada y específica –particular o *in situ*–, mientras que cuando es menor, la tecnología es aplicable a escala global –genérica–. En principio, las multinacionales tienden a especializarse en segmentos en los que el conocimiento idiosincrático es débil, la tecnología es genérica –no *in situ*– y los mercados están globalizados, mientras que una mayor participación local está favorecida cuando el conocimiento idiosincrático es importante. No obstante, existen otros aspectos que inciden en que efectivamente un mayor requerimiento de conocimiento idiosincrático se traduzca en una mayor participación local. Si en una determinada ABRN hay elevadas capacidades locales, en principio existe potencial para que tanto las firmas como las organizaciones públicas puedan usar ese conocimiento idiosincrático como activo estratégico para producir de modo eficiente, manejar de modo sustentable el hábitat y desarrollar tecnologías apropiadas para participar en ese sector. Pero ello dependerá de lo que Andersen y Wicken (2016) denominan “tecnología social” –a la que distinguen de la tecnología física más convencional asociada a la ingeniería y a las máquinas y equipos–, entendida como aquella vinculada a la organización de la producción o genéricamente a la manera de combinar las tecnologías. De modo estilizado, para los autores la tecnología social adecuada en ABRN debe recorrer los siguientes procesos:

- › Descubrir, mapear, apropiar y retener el conocimiento idiosincrático.
- › Acceder y absorber tecnología genérica y combinarla con el conocimiento idiosincrático para crear una base amplia de conocimiento que constituya la ventaja competitiva de firmas domésticas.
- › Aplicar esta base de conocimiento único para desarrollar tecnología *in situ* apropiada y prácticas de gerenciamiento de los recursos naturales para mejorar la eficiencia productiva, hacer un manejo sustentable de los recursos e incrementar la participación de firmas locales en la industria.

<sup>7</sup> Por ejemplo, algunas de ellas tienen modos de funcionamiento que se pueden asemejar a la actividad manufacturera, como la producción animal a galpón, como ocurre con pollos o novillos *feedlot*.

Los autores también se refieren a la tecnología social como “sistema de innovación”, que involucra todos los aspectos organizacionales e institucionales que resultan relevantes para dar apoyo a un buen desarrollo y articulación de las actividades.<sup>8</sup>

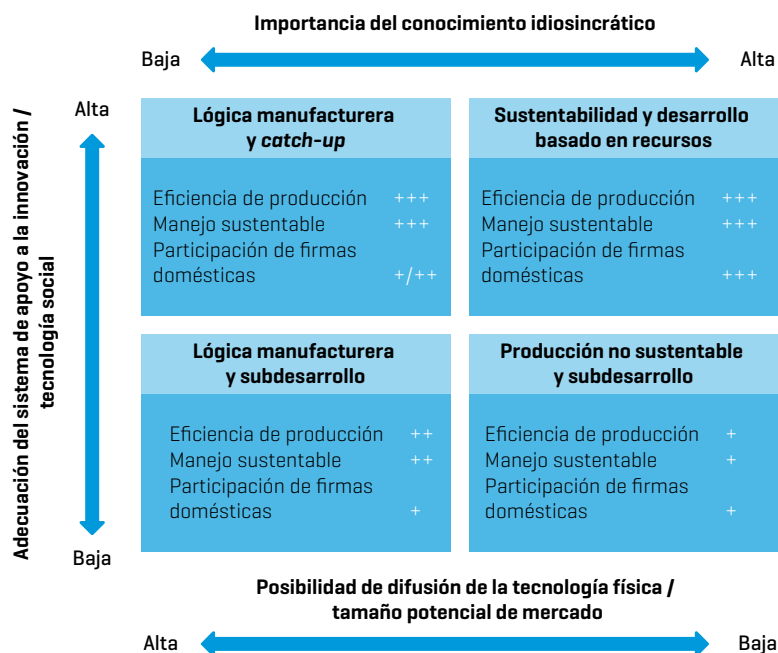
Todo lo anterior se sintetiza en la figura 3. Si se tienen en cuenta simultáneamente la importancia del conocimiento idiosincrático, la posibilidad de difusión de tecnología física y tamaño del mercado y la adecuación del sistema de apoyo a la innovación y de la tecnología, se pueden estilizar cuatro tipos de innovación con diferentes combinaciones en cuanto a eficiencia, sustentabilidad y participación de firmas locales.

En la parte derecha de la figura 3 se ubican las ABRN, donde la producción y extracción de los recursos se hace en condiciones locales –geológicas y ecológicas– muy idiosincráticas, que demandan soluciones a medida para la producción eficiente. Si la tecnología social es adecuada, es decir, si hay capacidades locales elevadas y se articulan de manera efectiva por acción de los diferentes actores y del sistema de apoyo a la innovación, se da el desarrollo sustentable basado en recursos naturales. Por el contrario, si la tecnología social no es adecuada, aun cuando el conocimiento idiosincrático sea importante, es posible que la producción sea poco eficiente, poco sustentable y con limitada generación de conocimiento local. Cuando el conocimiento idiosincrático es relevante y la tecnología social inadecuada, el rol poco significativo asignado a los actores que exploran las idiosincrasias *in situ* a través de la investigación (mapeo genético, biología, mediciones geológicas, etc.) y la experimentación (diseños apropiados de tecnología) deriva en la aplicación –sin adaptaciones– de tecnología genérica extranjera, en una baja participación de firmas domésticas y en una gestión no sustentable de los recursos naturales.

A la izquierda del gráfico, por su parte, se ubican los sectores que tienen componentes idiosincráticos débiles y con mayores semejanzas con la industria manufacturera. Es en estos sectores donde las tecnologías del estado del arte, especialmente las físicas, son aplicables de modo universal. Allí donde el sistema de apoyo a la innovación es apropiado es posible producir sin grandes ineficiencias ni impactos ambientales negativos mediante el uso de la tecnología genérica extranjera. En esos casos el desafío es hacer el *catching-up* con esa tecnología (parte izquierda superior de la figura). Por el contrario, donde hay limitaciones organizacionales e institucionales se desarrolla una lógica de

<sup>8</sup> Para un enfoque similar en el caso argentino, véase Lengyel y Bottino (2011).

Figura 3 Diferentes tipos de innovación en actividades basadas en recursos naturales



Nota: Baja (+), media (++) y alta (+++).

Fuente: Elaboración propia basada en Andersen y Wicken (2016).

industria manufacturera de baja eficiencia y baja productividad, con gestión no sustentable de los recursos y sin demandas de servicios intensivos en conocimiento.

Si se compara con las actividades manufactureras, el argumento del conocimiento idiosincrático indica que estas se encontrarían en general en los cuadrantes izquierdos y, en los países en desarrollo, predominantemente en el inferior, dado que la evidencia indica que los casos de *upgrading*—especialmente funcionales— en cadenas globales manufactureras, que permitan la acumulación de capacidades tecnológicas locales y trayectorias de *catch-up*, son escasos en estos países.

Tomando la figura 3 como referencia, se presentan en la próxima sección los estudios de caso.

## Estudios de caso

La Argentina cuenta con una estructura productiva en la que los recursos naturales tienen un peso real y potencial muy importante. Desde 2014 en el CIECTI se vienen realizando algunos estudios sobre innovación en distintas ABRN, con la participación de investigadores y expertos convocados especialmente según el caso. En este trabajo se reflejan tres de ellos que estuvieron centrados en semillas –para la producción de cereales y oleaginosas–, en la producción de gas y petróleo no convencional (*shale*) y en energía eólica. El desarrollo de los casos involucró numerosas entrevistas con informantes clave de los ámbitos público –a cargo de políticas sectoriales y de ciencia, tecnología e innovación (CTI), y de la regulación sectorial–, privado –empresas y cámaras sectoriales– y académico –investigación y formación de recursos humanos–. En los tres casos, con matices, se encontraron indicios de la existencia de un elevado potencial para la innovación a partir de las particularidades idiosincráticas de los recursos, con el consiguiente espacio potencial para un rol protagónico de actores locales. Además de ello, los casos presentan particularidades con respecto al marco de referencia planteado en la sección previa, que deben ser consideradas al interpretar sus resultados y pueden aportar a la ampliación del citado marco.

### **Producción de semillas**

El caso de la producción de semillas es emblemático en la Argentina cuando se trata de identificar evidencia sobre innovación en ABRN. La producción de granos constituye la fase final, y también la más visible, de una cadena constituida por diversas actividades que alimentan su crecimiento y competitividad a partir de la innovación. De modo estilizado el proceso agrícola involucra la siembra de semillas de un cultivo específico, la aplicación de productos como inoculantes, fertilizantes y herbicidas que mejoran el rendimiento de las plantas al aportar nutrientes al suelo y eliminar insectos o malezas que pueden perjudicar el normal desarrollo de las plantas, y termina con la cosecha en el momento justo del cultivo, dejando el suelo en condiciones que facilitan una próxima siembra. Esta actividad experimentó un fuerte crecimiento en las últimas décadas, especialmente en el cultivo de soja. Este crecimiento fue impulsado por factores exógenos –como

la creciente demanda internacional de energía, alimentos, materias primas en general y de granos—y endógenos—principalmente el desarrollo de una nueva plataforma tecnológica en la actividad productora de granos que ha permitido extender sustantivamente la frontera y productividad agrícola. Cabe señalar, sin embargo, que la extensión de la frontera y la mejora de la productividad no se encuentran exentas de críticas por sus impactos sociales (desplazamiento de población) y ambientales (agotamiento de suelos, malas prácticas en el uso de herbicidas, etc.). En la Argentina se da un debate entre quienes defienden a ultranza un modelo de alta productividad agropecuaria y quienes se oponen fuertemente con argumentaciones basadas en el impacto social y ambiental (Viglizzo y Jobbágy, 2011).<sup>9</sup>

El potencial genético que las plantas llevan en sus semillas determina los límites superiores al rendimiento de los cultivos y, por medio de esto, indirectamente, la productividad del resto de los insumos que participan en el proceso productivo—fertilizantes, herbicidas, maquinaria agrícola—(Trigo y Villareal, 2010). Por lo tanto, la producción de semillas representa una parte fundamental de la cadena de producción agrícola. Actualmente, la industria semillera trabaja a partir de la aplicación sistemática de la ciencia genética y la biología molecular. Las nuevas variedades provienen de los esfuerzos de I+D y dan como resultado mejoras en la información genética contenida en la semilla—ahora diferenciada del grano—, que le otorgan mayor potencial para elevar los rendimientos, como la resistencia a pesticidas o insectos, o mayor adaptabilidad a un determinado suelo o condición climática.

Existen tres enfoques tecnológicos en la mejora de las semillas de los cereales y oleaginosas que requieren de capacidades tecnológicas diferenciales (Bisang *et al.*, 2008; Stulwark, 2012; Marín *et al.*, 2013). El primer enfoque, el fitomejoramiento por cruzamiento sexual, consiste en incorporar a una variedad características deseadas que se encuentran en otra planta de la misma especie—o especies muy parecidas—. Si bien se puede llevar adelante con técnicas artesanales simples, las firmas que están en la frontera del conocimiento utilizan técnicas de biotecnología avanzadas como los marcadores moleculares, que permiten dar seguimiento a una secuencia de ADN a la cual se le asocian determinadas características de una planta (altura, tipo de raíces, etc.). El manejo de estas técnicas exige

<sup>9</sup> Si se tiene en cuenta que la innovación generada a partir del conocimiento idiosincrático puede derivar en el desarrollo de tecnología que se adapta mejor a las condiciones de cada lugar, se debería pensar en qué tipo de regulaciones o incentivos se deben implementar para generar mayor productividad ambiental—que sea socialmente sostenible—y así generar valor sin dañar el medio ambiente y la salud de las personas.

capacidades tecnológicas elevadas que incluyen conocimiento de biología molecular, de genética vegetal y acceso a equipo especializado, y confiere una ventaja competitiva, dado que aumentan sustantivamente la efectividad y la eficiencia de las técnicas convencionales de mejoramiento vegetal al reducir a menos de la mitad el tiempo de desarrollo promedio de una variedad desarrollada por métodos básicos. El segundo enfoque es la mutagénesis, que consiste en inducir mutaciones al exponer las semillas a ciertos agentes físicos o químicos en busca de características específicas en los cultivos. Esta técnica tiene la ventaja de que no conlleva las regulaciones a las que están sometidas las plantas genéticamente modificadas. En la actualidad, la mutagénesis clásica se ve potenciada por su uso en combinación con nuevas técnicas de la biología molecular y la biotecnología. El TILLING (*Targeting-Induced Local Lesions In Genomes*) es una técnica de búsqueda de mutaciones focalizada en un gen o secuencia conocida, que permite el análisis de muestras de muchos individuos que provienen de una población previamente mutagenizada en forma artificial, o que pueden aportar variación natural sin necesidad de tratamientos mutagénicos; en este último caso se la denomina ECOTILLING. El tercer enfoque es la ingeniería genética, que ha hecho un aporte adicional a las prácticas convencionales de fitomejoramiento al incorporar en las semillas genes que pueden provenir de otras especies. Estos nuevos genes le dan a la nueva planta –denominada organismo vegetal genéticamente modificado (OVGM)– propiedades especiales.

Este conjunto de mejoras, independientemente de la complejidad tecnológica utilizada, se orientan a obtener plantas menos vulnerables a factores abióticos –plantas con mayor adaptabilidad a suelos y clima–, así como más resistentes a factores bióticos –plagas o enfermedades–. Dado que la transgénesis representa un salto cualitativo en materia de mejoramiento, cuando se plasma en procesos o productos se la tipifica como evento biotecnológico. Los eventos biotecnológicos son protegidos por medio de patentes de invención, ya que es una creación del ser humano que no existía. Sin embargo, para llegar al mercado debe atravesar un extenso y costoso proceso de desregulación para obtener la autorización de producción y comercialización en cada país donde se lo quiera producir o vender.

Estos tres enfoques desarrollados en la frontera tecnológica pueden entenderse como complementarios, más que alternativos. Por un lado, la ingeniería genética y la mutagé-

nesis aportan un salto cualitativo a la producción de un terminado cultivo a partir de generar un OVGM o un mutagénico con cualidades que hasta ese momento la especie no tenía. No obstante, tanto el evento biotecnológico como la mutagénesis materializan su valor comercial en la medida en que es incorporado a los bancos de germoplasma de los cultivos, que durante años se han venido desarrollando por cruzamiento sexual y con fuertes componentes de conocimiento idiosincrático. La firma que posee una semilla con probada adaptabilidad a una región determinada –por suelo o clima– puede incrementar sustantivamente su valor comercial si se le incorporan los eventos biotecnológicos o mutagénicos. Para comercializarlos, los propietarios de los eventos los incorporan a su propio banco de germoplasma y así crean nuevas variedades genéticamente modificadas (GM) o mutagénicos. Asimismo, pueden licenciarlos a otras empresas que los incorporan a sus bancos de germoplasma. Mientras que las primeras manejan todas las técnicas biotecnológicas, las segundas solo manejan la biotecnología avanzada de la mejora por cruzamiento sexual siendo totalmente dependientes de los eventos biotecnológicos que produzcan las primeras y que los licencien. En países donde la siembra de variedades GM es generalizada y extendida, los semilleros locales solo pueden competir en la medida en que los propietarios de los eventos los licencien.

En la Argentina, las ganancias de productividad en soja y maíz están en parte explicadas por la masiva adopción de semillas GM con resistencia a herbicidas e insectos. En este proceso se advierte la fuerte participación de empresas multinacionales líderes del sector (AgrEvo, BASF, Bayer, Ciba-Geigy, Dow, Monsanto, Nidera, Novartis, Pioneer, Syngenta), cuyos eventos son incorporados a su propio germoplasma. En simultáneo, la industria semillera local también realiza importantes esfuerzos de I+D que involucra a recursos humanos altamente calificados y producen a partir del germoplasma local variedades de semillas que incorporan los eventos tecnológicos de las multinacionales. La empresa Don Mario, el INTA y la Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA) figuran entre los principales solicitantes de registro de cultivares. Asimismo, también hay probada –aunque incipiente– capacidad de ingeniería genética local que dieron lugar al desarrollo y patentamiento de dos eventos biotecnológicos –soja resistente al estrés hídrico (BIOCERES) y papa resistente al virus PVV (BIOSIDUS).



## Hidrocarburos no convencionales<sup>10</sup>

La Argentina es el cuarto y segundo país en el *ranking* mundial de disponibilidad de pyC no convencional técnicamente recuperable. A su vez, estas reservas son 11 y 67 veces, respectivamente, las reservas probadas de hidrocarburos convencionales. En función de la necesidad, la potencialidad y la dimensión económica de estos recursos, a principios de la presente década, con precios del petróleo en alza, se comenzó a evaluar la viabilidad técnica y económica de su explotación, e YPF comenzó a explotar este tipo de recursos en sociedad con operadoras extranjeras. Datos de 2018<sup>11</sup> revelan que la extracción no convencional en la provincia de Neuquén—principal productora de hidrocarburos provenientes de estos yacimientos— es del 17% y 35% del total extraído de pyC, respectivamente. Sin embargo, existe un elevado consenso acerca de que la actividad se encuentra aún en una fase embrionaria en el país y con un camino por recorrer para consolidarse como una alternativa de peso a la producción convencional. Si esto último ocurriera, distintas estimaciones indican impactos positivos muy significativos de la explotación de no convencionales sobre el producto, las exportaciones y el empleo.<sup>12 13</sup>

Desde el punto de vista tecnológico la explotación de los recursos no convencionales genera una serie de necesidades aguas arriba cuya satisfacción requiere de desarrollos tecnológicos específicos. Así lo demuestra la experiencia de los Estados Unidos—primer país en explotar estos recursos a una escala significativa—. Estos requerimientos han generado un conjunto de desafíos a la industria a nivel internacional que han sido abordados principalmente por las multinacionales de servicios petroleros, como Schlumberger y Halliburton, que han pasado a convertirse en los actores fundamentales del cambio tecnológico en las últimas décadas. Si bien estas firmas tienen una presencia global y desarrollan soluciones aplicables a diferentes contextos, en la explotación de pyC no convencionales existe una importante heterogeneidad en las características de los yacimientos. En este sentido, la geología de los distintos países tiene diferencias con respecto a la de los Estados Unidos, por lo que las tecnologías desarrolladas para ese contexto requieren de ajustes y adaptaciones para su uso en otras geografías. A su vez, las especificidades locales generan diversos desafíos y oportunidades tecnológicas para un mejor aprovechamiento del potencial de explotación de estos recursos. Este es el caso de la Argentina, donde

<sup>10</sup> Los resultados detallados de este estudio, que contó con financiamiento de la Red Sur, se encuentran publicados en Aggio *et al.* (2016 y 2017).

<sup>11</sup> Véase <[www.iapg.org.ar/web\\_iapg/estadisticas/acerca-de-estadisticas/acerca-de-estadisticas](http://www.iapg.org.ar/web_iapg/estadisticas/acerca-de-estadisticas/acerca-de-estadisticas)>.

<sup>12</sup> Véanse Accenture (2014) y IAPG (2014).

<sup>13</sup> Cabe señalar que en esta actividad también hay un fuerte debate sobre potenciales efectos ambientales negativos relacionados con la contaminación de aguas subterráneas, el transporte y manipulación de los químicos utilizados en la fractura de las rocas, los volúmenes de agua requeridos para las fracturas, la potencial activación de fallas geológicas que pudiera derivar en terremotos y el destino final de las aguas utilizadas (véase Aggio *et al.*, 2016 y 2017). Si se tendiera hacia un esquema de desarrollo de la actividad basado en conocimiento idiosincrático, que aportara una mejor comprensión de las características específicas locales del recurso y de su entorno, estos efectos potenciales podrían morigerarse e incrementar la sustentabilidad.

cierto nivel de adaptación en algunos desarrollos tecnológicos resulta imprescindible para aprovechar el potencial que ofrece la dotación de PYC no convencionales.

No obstante, el desarrollo inicial de la actividad en la Argentina se ha sustentado en los avances generados por esos actores ante la necesidad de iniciar la producción y obtener resultados en un plazo relativamente corto en un contexto de déficit energético. Esto relegó, en parte, tanto la alternativa de fomentar un desarrollo tecnológico local con resultados potenciales a mediano plazo como la búsqueda de una explotación que, a partir de un mejor conocimiento de las especificidades locales, privilegiase la eficiencia y la sustentabilidad a través de fracturas más precisas y de un menor uso y desecho de agua y químicos.

Esto ocurre a pesar de la evidencia que sugiere que existe una base de capacidades locales para afrontar algunos de esos desafíos sustentada en la trayectoria de YPF y los aprendizajes que viene desarrollando en estos primeros años de explotación, en la creación de Y-TEC y sus programas de I+D sobre la temática en el marco de su relación con YPF, en la existencia de recursos humanos formados en distintas disciplinas relevantes para esta actividad y, más en general, en una trayectoria de más de cien años de la actividad petrolera en la Argentina. Todos estos elementos aportan a que haya actores locales con experiencia y capacidades desarrolladas en diversos tipos de actividades y servicios basados en la ciencia de datos (*Big Data*) y simulación (TIC), la geofísica, la petrofísica y la geoquímica, la nanotecnología de materiales y la logística, más que en lo relativo a maquinarias y equipos donde, si bien existe espacio para que los actores locales aporten innovaciones, la tecnología tiene un elevado componente genérico y es aportada por empresas multinacionales.

## Energía eólica<sup>14</sup>

Esta actividad presenta un elevado potencial para su desarrollo en la Argentina, dado que cerca del 70% de territorio del país está cubierto con vientos cuya velocidad media anual, medida a 50 metros de altura sobre el nivel del suelo, supera los 6 m/s y llega hasta los 12 m/s—con un promedio de 9 m/s—en algunas zonas de la Patagonia media y sur. El factor de capacidad—viento aprovechable en una determinada zona—es del 45% en la Patagonia

<sup>14</sup> Los resultados detallados de este estudio se encuentran publicados en Aggio *et al.* (2018).

y de alrededor del 35% en zonas serranas y costeras de varias provincias—en Europa ronda en promedio el 25%—. No obstante este gran potencial, el desarrollo del sector en la Argentina ha sido muy limitado hasta el año 2016, y esto se ve reflejado en la aún baja participación de esta fuente de energía renovable en la oferta energética nacional —menos del 1% del total—. Si bien hay un elevado consenso acerca de la necesidad de diversificar la matriz energética nacional, lo cual explica en parte el proceso de fuertes inversiones que se han llevado a cabo en el sector en los últimos años, queda un camino por recorrer para aprovechar plenamente las importantes oportunidades que ofrece la energía eólica en términos productivos, de empleo y de crecimiento económico.

El sector eólico consta de tres grandes segmentos: turbinas pequeñas, turbinas de alta potencia *onshore* y turbinas de alta potencia *offshore*; los últimos dos son los más relevantes en términos económicos. Desde el punto de vista tecnológico los actores fundamentales son un grupo reducido de grandes empresas multinacionales, tales como Vestas, Siemens-Gamesa, Ge Wind, Goldwind, Enercon, entre otras. Tales empresas han realizado importantes inversiones en I+D a lo largo del tiempo, sobre todo en relación con el bien de capital —el aerogenerador—, que se han reflejado en las tendencias recientes del mercado: potencia nominal promedio de los aerogeneradores más alta, torres más altas, área de barrido de las palas más grande y turbinas que incorporan cada vez más componentes electrónicos. Sin embargo, debe destacarse que el sector eólico no puede ser reducido exclusivamente a la fabricación del aerogenerador, ya que consta de una rica y densa cadena de valor que abarca eslabones que van desde las mediciones del recurso y el diseño de un proyecto de parque, hasta todo lo inherente a la venta y distribución de la energía generada, además de las tareas de operación y mantenimiento, que se extienden por 25 años aproximadamente. La importancia de dicha cadena de valor se refleja en el peso creciente que han tenido otras empresas, además de las que fabrican el bien de capital, que suelen ser grandes empresas de distribución eléctrica que diseñan y gestionan los proyectos, con una elevada capacidad de incidencia en las decisiones tecnológicas que deben tomarse en cada eslabón.

El notable desarrollo actual de la actividad en la Argentina se sustenta, tanto desde el ámbito productivo como tecnológico, en los avances generados por esos actores

multinacionales ante la necesidad de incrementar rápidamente la generación de energía en un contexto de déficit energético, relegando, como en el caso del PyG no convencional, la alternativa de fomentar un desarrollo tecnológico local.

Si bien la tecnología existente es considerada “madura”, se observa que el sector eólico sigue siendo dinámico y mantiene cierta evolución, con importantes espacios para la generación de conocimiento a través de la I+D. No obstante, debe considerarse que el tipo de recurso natural en cuestión—el viento—es menos contexto-específico respecto de otros recursos, y que las tecnologías desarrolladas en otros países tienen un carácter predominantemente genérico ya que cuentan con flexibilidad para adaptarse de manera más o menos automática a diferentes condiciones de viento. En tal sentido, son menos susceptibles de recibir ajustes y adaptaciones para su uso en la Argentina. Sin embargo, las especificidades locales mantienen diversos desafíos y oportunidades tecnológicas para desarrollar el potencial de explotación, en la medida en que se considere la cadena de valor eólica completa y no solamente el bien de capital.

Existe en esa dirección una base de capacidades locales para afrontar algunos de esos desafíos, que se sustenta en la trayectoria de una empresa privada como IMPSA, de una empresa pública como INVAP y de un entramado de organismos de ciencia y tecnología entre los cuales se destacan el INTI y varias universidades nacionales. Probablemente el antecedente más notable de fomento de aquellas capacidades ha sido el programa FONARSEC Eólica, implementado en 2013 por el MINCYT, un esquema de apoyo específicamente dirigido al sector eólico con la financiación de seis consorcios público-privados cuyos resultados y desarrollo de capacidades solo fueron parcialmente aprovechados en la etapa actual.

## **Síntesis e interpretación estilizada**

Los tres casos analizados muestran un conjunto de elementos que pueden ser estilizados para una interpretación común en el marco de referencia presentado en la primera sección. Por un lado, en cada una de estas actividades, el conocimiento idiosincrático demanda respuestas y desarrollos tecnológicos para maximizar la producción y minimizar la

degradación del ambiente. Estos desarrollos deben abordar las tres dimensiones de modo simultáneo (cuadro 1). En la producción vegetal, forestal y animal es necesario desarrollar y mejorar variedades y razas que se adecuen a diferentes ambientes, climas y suelos. Esto significa que las variedades de maíz o soja que se producen en un país, por ejemplo Estados Unidos, no necesariamente serán propicias para el suelo y clima de otro, por ejemplo, la Argentina. Más aún, dentro de una misma región de un mismo país, como la región pampeana argentina, también pueden existir marcadas diferencias en los tipos de suelos, cantidad de precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas, entre otros parámetros. Todo esto implica que los esfuerzos en pos mejorar la productividad y la sustentabilidad en cada territorio o clima deben desarrollar e incorporar conocimiento específico y local. En el caso de los hidrocarburos, la especificidad viene dada por el tipo y calidad del recurso y la geología. En la medida en que los yacimientos convencionales se van reduciendo, la no convencionalidad del lugar donde se alojan las mayores reservas –*shale* o *tight*– demanda nuevo conocimiento idiosincrático para poder aprovechar esos recursos. Por último, en la generación de energía eólica resulta necesario contar con un atlas eólico donde se indiquen las velocidades medias, máximas y mínimas de los vientos a diferentes alturas en diferentes lugares –*onshore* y *offshore*– y desarrollar los equipos

**Cuadro 1 Dimensiones del conocimiento idiosincrático del recurso natural en los casos estudiados**

	<b>Semillas</b>	<b>Hidrocarburos no convencionales</b>	<b>Energía eólica</b>
<b>Propiedades del recurso</b>	Especies y variedades vegetales	Calidad y pureza del PyG	Velocidad e intensidad de los vientos
<b>Ambiente</b>	Fertilidad y humedad del suelo, topografía	Tipo de yacimiento: convencional, <i>tight</i> , <i>shale</i> , <i>offshore</i>	Topografía del lugar, distancia a los centros de consumo
<b>Clima</b>	Precipitaciones, sol, vientos, temperatura	Precipitaciones, sol, vientos, clima, mareas ( <i>offshore</i> )	Precipitaciones, sol, vientos, temperatura

Fuente: Elaboración propia.

—aerogeneradores— más apropiados para transformar de modo sustentable la energía cinética del viento en energía mecánica primero y eléctrica después.

La necesidad de conocimiento idiosincrático genera oportunidades para un rol más relevante de los agentes locales —públicos y privados— en algunos eslabones de la cadena productiva o, como en el caso de las semillas, de la cadena de producción de conocimiento en los que se requieren soluciones tecnológicas específicas.

La posibilidad de aprovechamiento de esas oportunidades depende, como ya se ha comentado, de la existencia de capacidades locales —potencial de aprovechamiento— y de un adecuado sistema de apoyo a la innovación —condiciones— que les dé marco para desplegarse. En esa dirección, en los tres casos se aprecia la presencia de un entramado de agentes y capacidades locales de base, con el potencial de abordar los desafíos tecnológicos específicos derivados del conocimiento idiosincrático. Sin embargo, en todos los casos se observa también cierta desarticulación entre esas capacidades que obstaculiza el logro de una masa crítica que permita incidir de manera más importante en la trayectoria tecnológica de las actividades a nivel local. Parte de esta desarticulación se observa también en las políticas de fomento de las actividades que, en algunos aspectos, son escasas o se encuentran ausentes y, en otros, priorizan objetivos distintos—en general, un rápido incremento de la producción— a los del aprovechamiento del potencial innovador de las actividades. En tal sentido, si bien existe una base de capacidades para potencialmente innovar en el ámbito local a partir de la oportunidad que brinda el conocimiento idiosincrático, el sistema de apoyo no resulta del todo adecuado para avanzar en esa dirección.

En suma, de acuerdo al marco de referencia discutido en la primera sección, la interpretación estilizada de la evidencia analizada indica que en las tres actividades, en el marco de algún grado de heterogeneidad, el conocimiento idiosincrático del recurso natural (CIRN) da lugar a oportunidades: existen capacidades de base que aportan potencial para su aprovechamiento, pero, especialmente en PYG no convencional y en energía eólica, el sistema de apoyo a la innovación no resulta suficiente o no es totalmente adecuado para que ello ocurra.

Adicionalmente al marco planteado, hay dos características comunes de las actividades analizadas que tienen implicancias sobre su potencial para dar lugar a aprendizajes tecnológicos significativos: su relevancia económica y su relevancia tecnológica, actuales o potenciales, reflejadas en su nueva base de conocimiento ligada a tecnologías de propósito general (TPG), como la biotecnología, la nanotecnología y las TIC. La primera característica alude especialmente al tamaño relativo, y su consiguiente potencial de generar masa crítica de aprendizajes y capacidades, a diferencia de las actividades de reducida relevancia económica que, aunque presenten un elevado contenido tecnológico, pueden constituir enclaves que no permean al resto de la economía. La segunda indica el potencial de amplia aplicación de los aprendizajes y capacidades generados en las ABRN,<sup>15</sup> ya que las TPG en las que son intensivos sus procesos de cambio tecnológico resultan transversales a todas las actividades económicas, lo que da lugar a la posibilidad de generación de externalidades laterales.

La figura 4 resume lo anterior e integra el marco del CIRN con los hechos estilizados derivados de los casos presentados. El diagrama indica que en las ABRN existen oportunidades para el aprendizaje tecnológico –a partir del CIRN–, potencial para aprovechar por la existencia de capacidades locales.

Si se logra la articulación entre las oportunidades y las capacidades, ese aprendizaje puede además propiciar un movimiento hacia mayores capacidades tecnológicas para la economía en su conjunto, tal como el señalado en la figura 1b, dada la relevancia económica de las ABRN –que incrementa las posibilidades de generar la masa crítica necesaria para propiciar un cambio cualitativo de las capacidades tecnológicas– a partir del rol central de las TPG en sus actividades de innovación. No obstante, para que las capacidades se articulen con las oportunidades aprovechando la relevancia económica y tecnológica de las ABRN, resulta necesario contar con una estrategia que se traduzca en un sistema de apoyo que brinde las condiciones apropiadas.

<sup>15</sup> Las ABRN con estas características no se limitan a las analizadas aquí. Véanse, por ejemplo, los casos del litio (Castello y Kloster, 2015; López *et al.*, 2019; entre otros), de la actividad forestal (Ramos *et al.*, 2015; entre otros) y de diversos casos de la denominada bioeconomía (Henry *et al.*, 2014; Rodríguez, 2017; entre otros).

Figura 4 Dimensiones del potencial de las actividades basadas en recursos naturales para propiciar el aprendizaje tecnológico



Fuente: Elaboración propia.



## Conclusiones

Los recursos naturales y las ABRN tienen una elevada relevancia económica en la Argentina. En la mayor parte de ellas, existen desafíos relacionados con la competitividad y la sustentabilidad, cuyo abordaje requiere la generación de conocimiento. Se ha argumentado a lo largo de este trabajo que la innovación en recursos naturales y en ABRN tiene características diferentes a la innovación en manufacturas, y que la principal diferencia deriva de la elevada relevancia del CIRN, que genera una oportunidad de innovación con importante participación local. Otro elemento saliente es que, en el contexto del nuevo paradigma tecnoeconómico, la generación de conocimiento y de soluciones tecnológicas en estas actividades se basa en TPG y en campos del conocimiento transversales a diversas actividades económicas, como se pudo apreciar, dentro de algún grado de heterogeneidad, en los casos presentados.

Todos estos elementos indican que las ABRN brindan un espacio para el aprendizaje tecnológico y además, por su relevancia económica, el potencial de conformar masa crítica de capacidades tecnológicas en campos del conocimiento significativos para el desarrollo. Esto implica que el cambio estructural –hacia un mayor peso de las manufacturas de alto contenido tecnológico– no necesariamente constituye una precondition para la acumulación de las capacidades tecnológicas que abonen un desarrollo sustentable, sino que pueden lograrse aprendizajes y acumulación de capacidades a través de las ABRN. Surge, en tal sentido, la posibilidad de transitar una trayectoria alternativa –o complementaria– hacia el desarrollo, en la que el objetivo principal constituido por la intensificación del contenido de conocimiento de la economía se alcanzaría de otra manera a la planteada por el enfoque convencional de cambio. Más profundamente, la existencia de esa alternativa cuestiona la idea de causalidad trazada por ese enfoque de cambio estructural basado en la idea de sector que operativamente recurre a taxonomías sectoriales de contenido tecnológico.

En este marco, los recursos naturales y las ABRN deberían formar parte de cualquier agenda estratégica orientada a incrementar el contenido tecnológico de la economía, complementando los esfuerzos más convencionales asociados al logro de *upgrading* funcionales

en las cadenas globales de valor manufactureras. Adicionalmente, un enfoque de estas características implicaría además, tal como se desprende del enfoque del CIRN, priorizar la sustentabilidad por sobre el extractivismo, con el que se asocia habitualmente a la producción en recursos naturales y en ABRN, y sumar estas actividades—que, en cualquier caso, formarán parte de las estrategias productivas— al mapa de las estrategias tecnológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACCENTURE (2014). "Reimaginando Argentina. Una mirada no convencional hacia el 2035".
- AGGIO, C., MILESI, D., PANDOLFO, L. Y LENGYEL, M. (2016). "Innovación en sectores intensivos en recursos naturales: el caso del petróleo y gas no convencional en Argentina", Documento de Trabajo N° 3, serie Documentos de Base del Reporte Recursos Naturales y Desarrollo 2016-2017, Red Sur, IDRC.
- (2017). "Desafíos y oportunidades de innovación en la producción de petróleo y gas no convencionales en la Argentina", Documento de Trabajo N° 10, CIECTI.
- AGGIO, C., VERRE, V. Y GATTO, F. (2018). "Innovación y marcos regulatorios en energías renovables: el caso de la energía eólica en la Argentina", Documento de Trabajo N° 14, CIECTI.
- ANDERSEN, A. Y WICKEN, O. (2016). "Natural resource knowledge idiosyncrasy, innovation, industry dynamics, and sustainability", TIK Working Papers on Innovation Studies N° 20161107. Disponible en <<https://ideas.repec.org/p/tik/inowpp/20161107.html>>.
- AUTY, R. (1990). *Resource-Based Industrialization: Sowing the Oil in Eight Developing Countries*. Nueva York: Oxford University Press.
- BERNAT, G. (2020). "Contenido tecnológico de las exportaciones argentinas: ¿un dólar de soja reporta más I+D+i que un dólar de autor?", Informe Técnico N° 13, CIECTI.
- BISANG, R., ANLLÓ, G. Y CAMPI, M. (2008). "Una revolución (no tan) silenciosa: claves para repensar el agro en Argentina", *Desarrollo Económico*, vol. 48, N°s 190/191, pp. 163-207.
- BLOMSTRÖM, M., Y KOKKO, A. (2007). "From Natural Resources to High-Tech Production: The Evolution of Industrial Competitiveness in Sweden and Finland", en Lederman, D. y Maloney, W. F. (eds.), *Natural Resources: Neither Curse nor Destiny*, cap. 8. Washington: Stanford University Press / Banco Mundial.
- BOSCHINI, A., PETTERSSON, J. Y ROINE, J. (2007). "Resource curse or not: A question of appropriability", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 109, N° 3, pp. 593-617.
- (2013). "The Resource Curse and its Potential Reversal", *World Development*, vol. 43, pp. 19-41.
- BRUNINI, A., FLEITAS, S. Y OURENS, G. (2010). "Evidencia comparada para Uruguay y otros países especializados en bienes intensivos en recursos naturales", Documento 06/10, Departamento de Economía, udelar.

- CABRALES, A. Y HAUK, E. (2011). "The Quality of Political Institutions and the Curse of Natural Resources". *The Economic Journal*, N° 121, pp. 58-88.
- CASTELLO, A. Y KLOSTER, M. (2015). "Industrialización del litio y agregado de valor local", Documento de Trabajo N° 1, CIECTI.
- DUTRÉNIT, G. (2016). "Innovación, recursos naturales y manufactura avanzada: nuevos dilemas de la industrialización en América Latina", *Ekonomiaz*, N° 89, 1<sup>er</sup> semestre, pp. 56-85.
- FAGERBERG, J., MOWERY, D. Y VERSPAGEN, B. (2009). "The evolution of Norway's national innovation system", *Science and Public Policy*, vol. 36, N° 6, pp. 431-444.
- FERRAZ, J., KUPFER, D. Y HAGUENAER, L. (1996). "El desafío competitivo para la industria brasileña", *Revista de la CEPAL*, N° 58 (LC/G.1916-P), abril, Santiago de Chile, CEPAL.
- GELB, A. (1988). *Windfall Gains: Blessing or Curse?* Nueva York: Oxford University Press.
- GYLFASSON, T., HERBERTSSON T. Y ZOEGA, G. (1999). "A mixed blessing: Natural resources and economic growth", *Macroeconomic Dynamics*, N° 3, pp. 204-225.
- HATZICHRONOGLOU, T. (1997). "Revision of the high-technology sector and product classification", STI Working Papers, 1997/2, París, OCDE.
- HENRY, G., PAHUN, J. Y TRIGO, E. (2014). "La bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación", *FACES*, año 20, N°s 42-44, pp. 125-141.
- HOLLAND, M. Y PORCILE, G. (2005). "Brecha tecnológica y crecimiento en América Latina", en Cimoli, M. (ed.), *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina*, BID-CEPAL, LC/W.35, pp. 40-71.
- IAPG [INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO Y DEL GAS; COMISIÓN DE ESTUDIOS ECONÓMICOS] (2014). "Análisis y proyección de impactos económicos esperados del desarrollo de los hidrocarburos no convencionales en Argentina. Cuantificación de impactos económicos del desarrollo en escala de Vaca Muerta en la provincia de Neuquén", *Petrotecnia*, año LVI, N° 3, pp. 18-47.
- KATZ, J. (1972). "Importación de tecnología, aprendizaje local e industrialización dependiente", Documento de Trabajo, Instituto Torcuato Di Tella.
- Y STUMPO, G. (2001). "Regímenes competitivos sectoriales, productividad y competitividad internacional", serie Desarrollo Productivo, N° 103, CEPAL.
- LALL, S. (2000). "The Technological Structure and Performance of Developing Country Manufactured Exports, 1985-98", *Oxford Development Studies*, vol. 28, N° 3, pp. 337-369.

- LARSEN, E. (2005). "Are rich countries immune to the resource curse? Evidence from Norway's management of its oil riches", *Resources Policy*, vol. 30, N° 2, pp. 75-86.
- LEDERMAN, D. Y MALONEY, W. (2007). *Natural Resources: Neither Curse nor Destiny*. Washington: Stanford University Press / Banco Mundial.
- (2012). *Does What You Export Matter? In Search of Empirical Guidance for Industrial Policies*. Washington: Banco Mundial.
- LENGYEL M. Y BOTTINO, G. (2011). "La producción en red en Argentina y sus fundamentos institucionales", *Desarrollo Económico*, vol. 51, N° 202-203, julio-septiembre y octubre-diciembre.
- LÓPEZ, A. (2012). "Los recursos naturales y los debates sobre la industrialización en América Latina", en Albrieu, R. et al. *Los recursos naturales como palanca del desarrollo en América del Sur: ¿Ficción o Realidad?*, serie Red Mercosur, pp. 23-48.
- , OBAYA, M., PASCUINI, P. Y RAMOS, A. (2019). "Litio en la Argentina: oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor", BID.
- LOSCHKY, A. (2008). "Reviewing the Nomenclature for High-Technology Trade. The Sectoral Approach", Statistics Directorate, STD/SES/WPTGS(2008)9, septiembre, París, OCDE.
- MANCINI, M. (2016). "Inserción en cadenas de valor globales y patrones de innovación de empresas de países en desarrollo: las pymes de Argentina", *Economía: Teoría y Práctica*, nueva época, N° 45, pp. 5-37.
- MARÍN, A., STUBRIN, L. Y VAN ZWANENBERG, P. (2013). "Developing capabilities in the seed industry: which direction to follow?", Buenos Aires, CENIT, mimeo.
- MEHLUM, H., MOENE, K. Y TORVIK, R. (2006). "Institutions and the resource curse", *Economic Journal*, vol. 116, N° 508, pp. 1-20.
- PAVITT, K. (1984). "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, vol. 13, N° 6, diciembre, pp. 343-373.
- PORTA, F., SANTARCÁNGELO, J. Y SCHTEINGART, D. (2017). "Cadenas globales de valor y desarrollo económico", *Revista Economía y Desafíos del Desarrollo*, vol. 1, N° 1, diciembre-mayo, UNSAM, pp. 28-46.
- PREBISCH, R. (1949). "El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas", E/CN. 12/89, Santiago de Chile, CEPAL.
- RAMOS, D., DEL CASTILLO, M., FLORES, J. Y CARCIOFI, I. (2015). "Competencias, condiciones de trabajo y upgrading en el sector forestal de Misiones", Estudio País 4. Red Sur / IDRC.

- RODRÍGUEZ, A. (2017). "La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe", Boletín CEPAL-FAO-IICA.
- SACHS, J. Y WARNER, A. (1995). "Natural resource abundance and economic growth", National Bureau of Economic Research Working Paper N° 5398, Cambridge, MA.
- (1999). "The big push, natural resource booms and growth", *Journal of Development Economics*, N° 59, pp. 43-76.
- (2001). "The curse of natural resources", *European Economic Review*, N° 45, pp. 827-838.
- SANTARCÁNGELO, J., SCHEINGART, D. Y PORTA, F. (2017). "Cadenas globales de valor: una mirada crítica a una nueva forma de pensar el desarrollo", *Cuadernos de Economía Crítica*, vol. 4, N° 7, pp. 99-129.
- SCHEINGART, D. Y COATZ, D. (2015). "¿Qué modelo de desarrollo para la Argentina?", *Boletín Informativo Techint*, N° 349, pp. 49-88.
- SINGER, H. (1950). "The Distribution of Gains between Investing and Borrowing Countries", *The American Economic Review*, vol. 40, N° 2, pp. 473-485.
- SMITH, B. (2015). "The resource curse exorcised: evidence from a panel of countries", *Journal of Development Economics*, vol. 116, N° C, pp. 57-73.
- STIJNS, J. (2005). "Natural resource abundance and economic growth revisited", *Resources Policy*, N° 30, pp. 107-130.
- STULWARK, S. (2012). *Renta de innovación en cadenas globales de producción. El caso de las semillas transgénicas en Argentina*. Los Polvorines: UNGS.
- TEITEL, S. (1978). "On the Concept of Appropriate Technology for Less Industrialized Countries". *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 11, N° 4, abril, pp. 349-369.
- TRIGO, E. Y VILLAREAL, F. (2010). "La innovación biotecnológica en el sector agrícola", en Rea, L. G., Lema, D. y Flood, C. (eds.), *El crecimiento de la agricultura argentina. Medio siglo de logros y desafíos*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- VIGLIZZO, E. Y JOBBÁCY, E. (EDS.) (2011). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- VILLE, S. Y WICKEN, O. (2013). "The dynamics of resource-based economic development: evidence from Australia and Norway", *Industrial and Corporate Change*, vol. 22, N° 5, pp. 1341-1371.



CIECTI 2020

# DT 20

**DARÍO MILESI** es licenciado en Economía de la Universidad Nacional de Córdoba, magíster en Economía y Desarrollo Industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata y doctor en Economía y Gestión de la Innovación y Política Tecnológica por la Universidad Complutense de Madrid. Es investigador-docente del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) y coordinador académico de la Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (UNGS-REDES-IDES). También es autor de diversos trabajos en temáticas vinculadas con CTI.

**CARLOS AGGIO** es licenciado en Economía por la Universidad Nacional del Sur y magíster en Estudios de Desarrollo del Institute of Development Studies de la University of Sussex. Cuenta con más de quince años de experiencia internacional en diversas áreas vinculadas al desarrollo. Participó en diversos proyectos de investigación y consultorías en el campo de la innovación, el comercio internacional y la educación con financiamiento internacional (BID, CEPAL, Unesco, Unicef, Banco Mundial, entre otros) y nacional. Es docente universitario de grado y posgrado (FLACSO y UNLZ). En el CIECTI desarrolla tareas de investigación y coordinación académica en áreas de desarrollo productivo e innovación y de políticas e instituciones de CTI.

**VLADIMIRO VERRE** es licenciado en Ciencias Políticas de la Università degli Studi di Pavia (Italia), magíster en Relaciones Internacionales Europa-América Latina de la Università di Bologna (Italia), magíster en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación por la UNGS-REDES-IDES y doctor en Ciencias Sociales de FLACSO (sede Argentina). Es profesor adjunto en el Instituto de Industria de la UNGS.

**MIGUEL LENGVEL** es abogado, magíster en Relaciones Internacionales y doctor en Economía Política (Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos). Actualmente es director de Proyectos Interinstitucionales del CIECTI y director del Programa de Desarrollo, Innovación y Sociedad de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), sede Argentina. Entre 2009 y 2014 ejerció como director de esta sede de FLACSO y entre 2006 y 2009 como analista principal de la Oficina del Coordinador Residente del Sistema de Naciones Unidas en la Argentina. Se ha desempeñado como consultor del BID, Banco Mundial, CEPAL, la Escuela de Negocios de Harvard, FAO, OIT, INTA, entre otras instituciones. Es docente en FLACSO y en la UBA. Ha publicado numerosos artículos en libros y revistas especializadas en los temas de cooperación internacional para el desarrollo, planificación y organización productiva, políticas de CTI y bioeconomía.

