

Los sistemas de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria de América Latina y el Caribe frente a la nueva revolución tecnológica

Heterogeneidad estructural, convergencia tecnológica, bienes públicos regionales y nuevos mecanismos de cooperación

Eduardo Trigo y Martín Piñeiro¹

Julio, 2026

Grupo CEO — Consultores en Economía y Organización

www.grupo-ceo.com

¹ Los autores son Socios Fundadores de Grupo CEO.

A C E R C A D E

Grupo CEO

Grupo CEO (Consultores en Economía y Organización) es una organización multidisciplinaria fundada en 1994 en Buenos Aires, con más de tres décadas de trayectoria en investigación aplicada y asesoramiento estratégico para el sector agroindustrial.

Su equipo integra especialistas en economía, agronomía, derecho internacional, sociología, geopolítica y ciencia de datos, con una mirada que contempla las dimensiones económica, social, ambiental e institucional de cada desafío.

En articulación con redes académicas, gobiernos y organismos multilaterales, impulsa iniciativas orientadas a la sostenibilidad, la competitividad y la integración regional de las cadenas agroalimentarias de América Latina y el Caribe.

Resumen Ejecutivo

La agricultura mundial atraviesa una transformación tecnológica de una magnitud comparable a las grandes revoluciones productivas que modificaron la economía mundial durante los últimos dos siglos. La convergencia entre inteligencia artificial, biotecnología avanzada, edición génica, bioinformática, digitalización, automatización y bioeconomía está redefiniendo simultáneamente la forma en que se genera conocimiento, se organizan los procesos de innovación y se construyen las ventajas competitivas de los sistemas agroalimentarios. Esta transformación ocurre, además, en un contexto de tensiones geopolíticas, creciente competencia internacional por el liderazgo científico y tecnológico y aceleración sin precedentes en la producción y circulación del conocimiento.

En este escenario, la capacidad para generar, adaptar y utilizar conocimiento científico y tecnológico se convierte en uno de los principales determinantes del crecimiento económico, la competitividad internacional, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. La agricultura, tradicionalmente considerada un sector intensivo en recursos naturales, evoluciona hacia una actividad crecientemente intensiva en conocimiento, donde la innovación constituye el principal factor diferenciador del desempeño productivo.

América Latina y el Caribe ocupa una posición singular frente a esta transformación. La región dispone de ventajas estratégicas excepcionales: concentra cerca de la mitad de la biodiversidad mundial, posee abundantes recursos hídricos renovables, una importante disponibilidad de biomasa y una agricultura altamente competitiva. Asimismo, cuenta con una larga tradición de investigación agropecuaria y cooperación científica expresada en instituciones nacionales consolidadas y en mecanismos regionales como PROCISUR, PROCINORTE, FONTAGRO, FORAGRO y CATIE.

Sin embargo, estas fortalezas coexisten con profundas heterogeneidades estructurales. Las capacidades de investigación, desarrollo e innovación se encuentran altamente concentradas en un número reducido de países, mientras gran parte de la región enfrenta limitaciones importantes en materia de financiamiento, infraestructura científica, masa crítica de investigadores y acceso a tecnologías de frontera. La creciente complejidad de las nuevas tecnologías amplifica estas diferencias, ya que la inteligencia artificial, la genómica, la bioinformática o las plataformas digitales requieren inversiones, capacidades humanas e infraestructuras que superan ampliamente las posibilidades de numerosos países considerados individualmente.

El argumento central de este trabajo es que la nueva revolución tecnológica modifica profundamente las condiciones bajo las cuales se organizan los sistemas de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria. Fortalecer exclusivamente las capacidades

nacionales ya no resulta suficiente. La región necesita complementar dichas capacidades mediante mecanismos permanentes de cooperación que permitan aprovechar economías de escala, compartir infraestructura científica, articular capacidades existentes y construir una verdadera capacidad colectiva de innovación.

Desde esta perspectiva, el trabajo propone interpretar una parte creciente de las nuevas capacidades científicas y tecnológicas como bienes públicos regionales. Plataformas regionales de inteligencia artificial, bancos de recursos genéticos, infraestructuras de datos, sistemas compartidos de vigilancia sanitaria, plataformas bioinformáticas y programas conjuntos de formación avanzada generan beneficios que trascienden las fronteras nacionales y cuya provisión resulta más eficiente mediante esquemas cooperativos que mediante esfuerzos aislados.

La innovación debe entenderse como un proceso de aplicación contextualizada del conocimiento. Aunque los avances científicos poseen un elevado grado de universalidad, la innovación ocurre siempre en torno a problemas concretos, cadenas de valor específicas y demandas particulares de los territorios y los mercados. Ello implica que las nuevas estrategias regionales de cooperación deben combinar el desarrollo de capacidades tecnológicas transversales con mecanismos orientados a resolver desafíos compartidos de los distintos sistemas agroalimentarios.

La experiencia internacional demuestra que esta estrategia resulta factible. El CGIAR constituye el ejemplo más exitoso de generación de bienes públicos internacionales para la agricultura, mientras que iniciativas regionales como FLAR, PROMECAFE, PROCISUR, PROCINORTE, CATIE y FONTAGRO evidencian que América Latina y el Caribe dispone de una importante base institucional sobre la cual construir una nueva generación de mecanismos de cooperación científica y tecnológica.

Finalmente, existen razones estratégicas para avanzar en esta dirección en el momento actual. La creciente competencia geopolítica por el dominio de las tecnologías críticas, la irrupción de la inteligencia artificial como tecnología de propósito general y la consolidación de la bioeconomía como nueva frontera del desarrollo configuran una ventana de oportunidad que difícilmente permanezca abierta por mucho tiempo. La región dispone de recursos naturales, capacidades científicas e instituciones suficientes para desempeñar un papel relevante en la economía global del conocimiento, pero ello requerirá una estrategia deliberada orientada a transformar capacidades nacionales dispersas en una capacidad regional de innovación.

El desafío ya no consiste únicamente en aumentar la inversión en investigación agropecuaria. El verdadero reto es construir una arquitectura regional de ciencia, tecnología e innovación capaz de aprovechar las oportunidades que ofrece la convergencia tecnológica y convertir el extraordinario patrimonio biológico y productivo de América Latina y el Caribe en una fuente sostenible de crecimiento económico, bienestar social y liderazgo internacional durante las próximas décadas.

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	2
1. Introducción.....	6
2. Ciencia, tecnología e innovación como motores del desarrollo agrícola.....	8
3. La nueva revolución tecnológica: convergencia, complejidad y nuevas oportunidades.....	10
4. Heterogeneidad estructural de las capacidades científicas y tecnológicas en América Latina y el Caribe	11
5. De capacidades dispersas a una capacidad colectiva de innovación.....	13
6. Los bienes públicos regionales como marco conceptual.....	15
7. La innovación como conocimiento aplicado: problemas concretos y cadenas de valor como motores del cambio tecnológico.....	16
8. La cooperación en ciencia, tecnología e innovación agropecuaria, las experiencias existentes como punto de partida.....	18
9. ¿Por qué ahora?	20
10. Implicancias estratégicas para América Latina y el Caribe.....	21
11. Comentarios finales.....	21
Referencias.....	23

1. Introducción

La agricultura mundial está ingresando en una nueva etapa histórica caracterizada por la convergencia entre biotecnología avanzada, inteligencia artificial, digitalización, automatización, genómica, bioinformática y bioeconomía. Esta transformación tecnológica ocurre simultáneamente con profundas reconfiguraciones geopolíticas, una creciente competencia internacional por el liderazgo científico y tecnológico y una aceleración sin precedentes en la generación y aplicación del conocimiento. Como consecuencia, la capacidad para producir, absorber y utilizar innovación se ha convertido en uno de los principales determinantes de la competitividad económica, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible (OECD, 2025; World Bank, 2024).

La importancia de este fenómeno trasciende ampliamente al sector agropecuario. La historia económica muestra que los grandes ciclos de crecimiento han estado asociados a revoluciones tecnológicas capaces de transformar simultáneamente la producción, el comercio, las instituciones y la organización social. La mecanización impulsada por la primera revolución industrial, la electrificación, el desarrollo de la industria química y la revolución digital modificaron profundamente la estructura económica mundial. En la actualidad, la convergencia entre ciencias biológicas, tecnologías digitales e inteligencia artificial parece estar dando origen a una nueva etapa de transformación tecnológica de alcance comparable (Mokyr, 2002; Schwab, 2016; Acemoglu y Johnson, 2023; OECD, 2025a; OECD, 2026).

La agricultura se encuentra en el centro de esta transformación. Durante gran parte del siglo XX, los incrementos de productividad estuvieron asociados a la expansión de la mecanización, la mejora genética convencional, el uso de fertilizantes y la protección fitosanitaria, tecnologías que estuvieron fuertemente asociadas al fortalecimiento de los sistemas públicos de investigación y extensión. La denominada Revolución Verde permitió aumentos extraordinarios de la producción agrícola y contribuyó decisivamente a reducir la incidencia del hambre en amplias regiones del mundo (Evenson y Gollin, 2003; Ruttan, 2001).

En América Latina y el Caribe (ALC), la creación de instituciones como EMBRAPA en Brasil, INTA en Argentina, INIFAP en México, INIA en Uruguay y numerosos institutos nacionales de investigación agropecuaria reflejó la convicción de que la ciencia y la tecnología constituían herramientas fundamentales para impulsar el desarrollo agrícola y rural. Estas instituciones contribuyeron a adaptar tecnologías a condiciones locales, generar

variedades mejoradas, fortalecer capacidades humanas y promover la incorporación de innovaciones productivas (Piñeiro y Trigo, 1983; Piñeiro y Trigo, 2023).

Sin embargo, la naturaleza misma de la innovación agropecuaria está cambiando profundamente. Las nuevas tecnologías no sólo modifican los procesos productivos, sino también la forma en que se genera conocimiento, se organizan las cadenas de valor y se construyen ventajas competitivas. La edición génica permite desarrollar variedades vegetales con características específicas en plazos significativamente menores que los requeridos por los métodos tradicionales; la inteligencia artificial posibilita procesar enormes volúmenes de información para optimizar decisiones productivas; la bioinformática acelera la identificación de genes de interés; y la digitalización genera nuevas formas de articulación entre productores, empresas, investigadores y consumidores (FAO, 2024; OECD, 2025b).

La bioeconomía constituye un ejemplo particularmente relevante de esta transformación. La posibilidad de utilizar recursos biológicos renovables para producir alimentos, energía, materiales, químicos y servicios ambientales está ampliando significativamente las oportunidades de generación de valor agregado a partir de la agricultura y los recursos naturales. A diferencia de los modelos tradicionales basados exclusivamente en la producción primaria, la bioeconomía incorpora crecientes niveles de conocimiento científico y tecnológico en todas las etapas de las cadenas productivas, y cambia la forma en que la agricultura se integra con la economía y la sociedad (OECD, 2009; Trigo et al., 2021; IICA, 2022; CEPAL, 2024).

En este contexto, América Latina y el Caribe ocupa una posición singular. La región alberga aproximadamente la mitad de la biodiversidad mundial, dispone de abundantes recursos hídricos y se ha consolidado como uno de los principales exportadores globales de alimentos, fibras y productos agroindustriales. Asimismo, posee instituciones científicas de reconocido prestigio internacional y una larga tradición de cooperación técnica agropecuaria expresada en iniciativas como PROCISUR, PROCINORTE, FONTAGRO y CATIE (PROCISUR, 2023; FONTAGRO, 2024; IICA, 2024).

Sin embargo, estas fortalezas conviven con importantes debilidades estructurales. Los sistemas de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria presentan elevados niveles de heterogeneidad entre países. Mientras algunas economías han desarrollado capacidades científicas comparables a las de países industrializados, otras enfrentan limitaciones significativas de financiamiento, infraestructura y recursos humanos (Piñeiro y Trigo, 2023; Beintema y Nin-Pratt, 2024).

Estas diferencias adquieren particular relevancia en un contexto donde las nuevas tecnologías demandan inversiones crecientes, capacidades cada vez más sofisticadas, y consecuentemente, nuevas formas de organización y financiación. Este nuevo contexto genera una pregunta central: **¿bajo qué estrategia podría América Latina y el Caribe fortalecer sus capacidades de innovación agropecuaria en un escenario caracterizado por la aceleración del cambio tecnológico, la creciente complejidad del conocimiento y la necesidad de avanzar hacia modelos de desarrollo basados en la bioeconomía y la sostenibilidad?**

La hipótesis principal para responder a esta pregunta es que la nueva revolución tecnológica exige complementar las capacidades nacionales mediante mecanismos regionales capaces de generar bienes públicos, aprovechar economías de escala y transformar capacidades dispersas en una verdadera capacidad colectiva de innovación. Desde esta perspectiva, la cooperación científica regional deja de ser una opción complementaria para convertirse en una necesidad estratégica.

2. Ciencia, tecnología e innovación como motores del desarrollo agrícola

La teoría económica contemporánea reconoce ampliamente que el conocimiento constituye uno de los principales motores del crecimiento económico de largo plazo. Los trabajos pioneros de Solow (1956), Lucas (1988) y Romer (1990) demostraron que una proporción significativa del crecimiento económico no puede explicarse únicamente por la acumulación de capital físico y trabajo. El progreso tecnológico, la innovación y la acumulación de capital humano desempeñan un papel central en la generación sostenida de riqueza.

Durante las últimas décadas, esta visión ha sido enriquecida por los aportes de la economía de la innovación. Freeman (1987), Lundvall (1992), Nelson (1993) y Edquist (1997) mostraron que la innovación no constituye un proceso lineal, sino sistémico, resultado de complejas interacciones entre universidades, centros de investigación, empresas, organismos públicos y marcos institucionales. Los países más innovadores son aquellos capaces de articular eficazmente los distintos componentes de sus sistemas de innovación y generar entornos favorables para la creación y difusión del conocimiento.

Los aportes de Philippe Aghion y Peter Howitt profundizaron esta visión al demostrar que el crecimiento económico surge de procesos continuos de innovación y destrucción

creativa. Las economías más dinámicas son aquellas capaces de generar nuevos conocimientos, reemplazar tecnologías obsoletas y adaptarse rápidamente a los cambios tecnológicos (Aghion y Howitt, 1992; Aghion et al., 2015).

Particularmente relevantes para América Latina y el Caribe resultan los trabajos del Premio Nobel Joel Mokyr. Según este autor, las revoluciones tecnológicas no son simplemente el resultado de descubrimientos científicos aislados, sino de ecosistemas institucionales que favorecen la generación, circulación y aplicación práctica del conocimiento. La capacidad de una sociedad para transformar conocimiento científico en innovación económica depende tanto de la calidad de sus instituciones como de la existencia de mecanismos efectivos de difusión tecnológica (Mokyr, 1990; 2002).

Estas contribuciones adquieren especial importancia en el ámbito agropecuario. La agricultura constituye uno de los sectores donde la relación entre conocimiento científico y productividad resulta más evidente. Diversos estudios muestran que las inversiones en investigación agrícola generan retornos sociales excepcionalmente elevados. Metaevaluaciones internacionales indican tasas de retorno frecuentemente superiores al 20% anual e incluso superiores al 40% en numerosos casos (Alston et al., 2010; Pardey et al., 2016).

La experiencia internacional confirma esta relación. Estados Unidos desarrolló su sistema de Land Grant Universities y el USDA; Brasil consolidó EMBRAPA; Australia fortaleció sus Corporaciones de Investigación y Desarrollo; y Europa construyó complejas redes regionales de investigación e innovación agrícola. En todos los casos, la construcción deliberada de capacidades científicas constituyó un elemento central de las estrategias de desarrollo agrícola (Fuglie, 2024).

Para América Latina y el Caribe, la principal lección es clara: la abundancia de recursos naturales constituye una ventaja importante, pero insuficiente. Lo que determina las trayectorias de desarrollo es la capacidad para transformar esos recursos en conocimiento, innovación y nuevas actividades productivas intensivas en tecnología.

3. La nueva revolución tecnológica: convergencia, complejidad y nuevas oportunidades

La agricultura contemporánea se encuentra en el centro de una profunda transformación tecnológica impulsada por la convergencia de múltiples disciplinas científicas. A diferencia de revoluciones anteriores, caracterizadas por innovaciones relativamente específicas, el escenario actual combina simultáneamente avances en biotecnología, inteligencia artificial, ciencia de datos, robótica, automatización avanzada, sensores remotos, nanotecnología y nuevas plataformas digitales (OECD, 2025b).

Esta convergencia constituye uno de los rasgos distintivos de la denominada Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por la integración de tecnologías físicas, digitales y biológicas capaces de transformar simultáneamente múltiples sectores productivos (Schwab, 2016; OECD, 2024). Su principal implicancia es que la innovación deja de estar organizada en compartimentos relativamente independientes para pasar a depender crecientemente de interacciones interdisciplinarias.

La inteligencia artificial representa uno de los ejemplos más visibles de esta transformación. Su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y generar recomendaciones automatizadas está modificando la manera en que se desarrollan tecnologías, se toman decisiones productivas y se organizan las cadenas de valor agroalimentarias. El mercado global asociado a soluciones basadas en inteligencia artificial ha experimentado una expansión extraordinaria durante los últimos años, impulsada por la disponibilidad de grandes bases de datos, mejoras en capacidad computacional y avances en algoritmos de aprendizaje automático (McKinsey Global Institute, 2025).

En agricultura, las aplicaciones potenciales abarcan prácticamente toda la cadena agroalimentaria. Los sistemas de agricultura de precisión permiten optimizar el uso de insumos; los algoritmos predictivos mejoran la gestión climática; las plataformas digitales facilitan la comercialización; y las herramientas de monitoreo remoto incrementan la eficiencia productiva y ambiental (Wolfert et al., 2017; FAO, 2023).

Simultáneamente, la edición génica y la biología sintética están revolucionando las ciencias biológicas. Tecnologías como CRISPR-Cas posibilitan modificaciones precisas del ADN, no solamente reduciendo significativamente los tiempos requeridos para el desarrollo de nuevas variedades vegetales y animales, sino también permitiendo incursionar en cuestiones consideradas fuera del rango de lo posible hasta hace muy poco tiempo.

Actualmente existen centenares de proyectos orientados a desarrollar cultivos más resistentes a sequías, enfermedades y plagas, así como alimentos con características nutricionales mejoradas (Nature Biotechnology, 2024).

La bioeconomía constituye otro componente central de esta transformación. La creciente sustitución de recursos fósiles por recursos biológicos renovables está generando nuevas oportunidades para la producción de bioenergía, biomateriales, bioinsumos, bioplásticos y productos químicos de origen biológico. Más aún, la bioeconomía redefine la relación entre agricultura, industria y servicios, ampliando significativamente las posibilidades de agregación de valor en los territorios rurales (OECD, 2009; IICA, 2022; CEPAL, 2024).

Estas tecnologías generan oportunidades extraordinarias para América Latina y el Caribe. La región dispone de una de las mayores reservas mundiales de biodiversidad, abundante biomasa, recursos forestales y sistemas agrícolas altamente competitivos (IICA, 2018). Sin embargo, también plantean desafíos inéditos. Las nuevas tecnologías demandan inversiones crecientes, infraestructura sofisticada y recursos humanos altamente especializados.

La innovación se vuelve crecientemente interdisciplinaria y colaborativa. Ninguna institución aislada dispone de todas las capacidades necesarias para operar simultáneamente en genómica, inteligencia artificial, bioinformática, ciencia de datos y ciencias agrarias. Este fenómeno favorece la concentración global de capacidades científicas y tecnológicas. Los países capaces de construir ecosistemas robustos de innovación acumulan ventajas dinámicas crecientes, mientras aquellos con menores capacidades enfrentan crecientes dificultades para participar en las nuevas trayectorias tecnológicas (Aghion et al., 2015; Mazzucato, 2023).

4. Heterogeneidad estructural de las capacidades científicas y tecnológicas en América Latina y el Caribe

La heterogeneidad constituye probablemente la característica más relevante de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria de América Latina y el Caribe. La región combina instituciones científicas de excelencia internacional con sistemas que enfrentan severas restricciones de financiamiento, infraestructura y recursos humanos.

Los datos de ASTI/IFPRI muestran que la inversión regional en investigación agropecuaria supera actualmente los US\$ 8.500 millones anuales medidos en dólares de paridad de poder adquisitivo. Sin embargo, esta inversión se encuentra altamente concentrada. Brasil representa aproximadamente entre el 55 % y el 60 % del gasto regional, mientras que Argentina, México y Colombia explican otro 25–30 %. Más de veinte países participan con menos del 1 % del total regional (ASTI/IFPRI, 2024; Beintema y Nin-Pratt, 2024).

La intensidad de investigación presenta igualmente diferencias significativas. Mientras Brasil y Uruguay destinan alrededor del 1 % o más de su PIB agropecuario a investigación, numerosos países centroamericanos y caribeños se ubican por debajo del 0,3 %, niveles insuficientes para sostener procesos continuos de innovación.

Las brechas en recursos humanos son igualmente pronunciadas. Brasil concentra aproximadamente la mitad de los investigadores agropecuarios de la región. Argentina y México representan una parte importante del resto. En contraste, numerosos países pequeños cuentan con menos de cien investigadores equivalentes a tiempo completo. Estas diferencias resultan particularmente relevantes en áreas como inteligencia artificial, bioinformática y edición génica, donde la disponibilidad de personal altamente especializado constituye un requisito indispensable para participar en la frontera tecnológica (UNESCO, 2024).

La producción científica refleja esta misma estructura. Según SCImago y Scopus, Brasil genera aproximadamente el 60 % de las publicaciones regionales en ciencias agrarias y biológicas. Argentina y México aportan conjuntamente cerca de otro 20 %, mientras el resto de los países participa con contribuciones relativamente reducidas (SCImago, 2024).

Sin embargo, la cuestión central no radica únicamente en la existencia de heterogeneidad, sino en sus implicancias estratégicas. La evidencia sugiere que sólo un número relativamente reducido de países posee capacidades suficientes para responder individualmente a las crecientes demandas asociadas a la nueva revolución tecnológica. La mayoría enfrenta limitaciones importantes para sostener inversiones de gran escala en infraestructura científica avanzada, plataformas digitales o formación de recursos humanos altamente especializados.

Estas diferencias adquieren particular relevancia en un contexto caracterizado por fuertes economías de escala. La instalación de plataformas genómicas, centros regionales de supercomputación, bancos de germoplasma digitalizados o sistemas avanzados de

vigilancia sanitaria requiere inversiones que exceden ampliamente las posibilidades de numerosos países considerados individualmente.

En consecuencia, la heterogeneidad regional deja de ser únicamente una característica descriptiva para convertirse en un factor determinante de las estrategias futuras de desarrollo científico y tecnológico. La pregunta ya no es simplemente cómo fortalecer las capacidades nacionales, sino cómo articularlas de manera tal que permitan construir capacidades colectivas regionales.

5. De capacidades dispersas a una capacidad colectiva de innovación

La situación descrita sugiere que la principal limitación que enfrenta América Latina y el Caribe no es únicamente la insuficiencia de recursos destinados a ciencia y tecnología. El problema central radica en la combinación entre creciente complejidad tecnológica, restricciones de inversión y elevada fragmentación institucional.

La nueva generación de tecnologías exige inversiones, infraestructura y capacidades humanas cuya escala supera frecuentemente las posibilidades de numerosos países considerados individualmente, particularmente los más pequeños (Nature Biotechnology, 2024; OECD, 2025b; World Bank, 2024).

Esta situación plantea una cuestión fundamental: ¿cómo puede una región caracterizada por profundas heterogeneidades estructurales participar activamente en las nuevas fronteras tecnológicas?

La respuesta no reside exclusivamente en incrementar los presupuestos nacionales de investigación, aunque ello sigue siendo indispensable. La realidad es que, en muchos casos, aun incrementando sustancialmente la inversión, los recursos seguirían siendo insuficientes. Tampoco consiste únicamente en fortalecer instituciones individuales. El desafío principal consiste en transformar capacidades nacionales dispersas en una verdadera capacidad colectiva de innovación.

La historia reciente de la ciencia muestra que el progreso tecnológico ha estado crecientemente asociado a formas colaborativas de producción del conocimiento. Los proyectos científicos contemporáneos más exitosos —desde el CERN europeo hasta el Proyecto Genoma Humano— son resultado de esfuerzos cooperativos que permiten

distribuir costos, compartir riesgos y aprovechar complementariedades institucionales (Wagner, 2008).

La agricultura no constituye una excepción. Muchos de los problemas y oportunidades son comunes a numerosos países de la región. Enfermedades transfronterizas, adaptación al cambio climático, vigilancia fitosanitaria, desarrollo de bioinsumos y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad representan desafíos que difícilmente puedan abordarse, o resulte eficiente hacerlo, de manera aislada.

Esta situación resulta particularmente relevante para Centroamérica y el Caribe. Muchos de estos países poseen sistemas científicos relativamente reducidos, con presupuestos limitados y escasa masa crítica de investigadores. Aun cuando existiera voluntad política para incrementar significativamente las inversiones, las economías de escala asociadas a las nuevas tecnologías seguirían representando una barrera importante (Beintema y Nin-Pratt, 2024).

La cooperación regional aparece así como un mecanismo capaz de reducir costos, ampliar la masa crítica disponible y acelerar el acceso a tecnologías de frontera. Sin embargo, su verdadero valor no radica únicamente en compartir gastos. Su principal contribución consiste en establecer condiciones para hacer un mejor aprovechamiento de las capacidades existentes, y eventualmente, generar nuevas capacidades que ningún país podría desarrollar individualmente.

Desde esta perspectiva, América Latina y el Caribe dispone de activos considerables. Universidades, institutos de investigación, centros tecnológicos, redes científicas y recursos humanos altamente calificados ya existen en la región. El desafío consiste en articular estos activos mediante mecanismos permanentes de cooperación orientados a objetivos estratégicos comunes.

Más que una región carente de capacidades, América Latina y el Caribe puede interpretarse como una región con capacidades importantes, pero insuficientemente articuladas. La cuestión central pasa entonces de la acumulación individual de capacidades a la construcción deliberada de una capacidad colectiva regional de innovación.

6. Los bienes públicos regionales como marco conceptual

La teoría de los bienes públicos regionales ofrece un marco particularmente útil para comprender los desafíos que enfrenta América Latina y el Caribe en materia de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria. Kaul, Grunberg y Stern (1999) definieron los bienes públicos globales como aquellos cuyos beneficios trascienden fronteras nacionales y cuyos usos por parte de unos actores no reducen necesariamente su disponibilidad para otros. Posteriormente, Sandler (2004) extendió esta lógica al ámbito regional, mostrando que determinados bienes generan beneficios compartidos entre grupos de países geográficamente próximos.

Muchas actividades de ciencia y tecnología poseen precisamente estas características. El conocimiento científico constituye un ejemplo paradigmático. Una vez generado, puede ser utilizado simultáneamente por múltiples actores sin agotarse. Del mismo modo, plataformas digitales, bases de datos genómicos, sistemas de vigilancia epidemiológica, observatorios climáticos o redes de formación avanzada producen beneficios que trascienden los límites nacionales (Barrett, 2007).

Desde esta perspectiva, gran parte de las capacidades necesarias para participar en la nueva revolución tecnológica pueden interpretarse como bienes públicos regionales. Infraestructuras compartidas de datos agropecuarios, plataformas regionales de inteligencia artificial, bancos de recursos genéticos, sistemas regionales de información climática y redes de vigilancia fitosanitaria constituyen ejemplos concretos.

El principal desafío radica en que los incentivos individuales frecuentemente resultan insuficientes para financiar estos bienes de manera descentralizada. Las inversiones requeridas suelen ser elevadas y los beneficios se distribuyen entre múltiples actores. En consecuencia, la acción colectiva y la construcción de arreglos institucionales adecuados se vuelven condiciones necesarias para su provisión (Olson, 1965).

En este contexto, la cooperación regional deja de ser simplemente un mecanismo de solidaridad entre países para transformarse en una estrategia racional orientada a maximizar beneficios colectivos y reducir costos individuales.

7. La innovación como conocimiento aplicado: problemas concretos y cadenas de valor como motores del cambio tecnológico

Una de las características centrales de los procesos de innovación es que, aunque se apoyan en una base general de conocimientos científicos y tecnológicos, su materialización ocurre siempre en contextos específicos, vinculados a problemas concretos y a las necesidades particulares de determinadas actividades económicas o cadenas de valor. Esta distinción resulta fundamental para el diseño de los mecanismos de cooperación orientados a promover la innovación. En este sentido, la innovación no puede entenderse únicamente como el resultado de la producción de nuevo conocimiento, sino como la capacidad de utilizar ese conocimiento para resolver desafíos concretos en ámbitos productivos determinados (Lundvall, 1992; Nelson, 1993).

Desde una perspectiva amplia, el conocimiento científico posee un alto grado de universalidad, y se acerca a la idea de los bienes públicos. Los avances en biología molecular, inteligencia artificial, ciencia de materiales o tecnologías digitales pueden, en principio, ser utilizados en múltiples sectores y territorios. Sin embargo, la innovación no consiste simplemente en la disponibilidad de ese conocimiento, sino en su aplicación efectiva para resolver desafíos específicos. En otras palabras, la innovación es un proceso de contextualización del conocimiento. En su análisis histórico del cambio tecnológico, Nathan Rosenberg (1982) mostró que las oportunidades tecnológicas adquieren relevancia económica cuando se articulan con necesidades concretas de los usuarios y con problemas cuya resolución genera beneficios económicos y sociales. Del mismo modo, Kline y Rosenberg (1986) cuestionaron la visión lineal de la innovación y destacaron que el proceso innovador se caracteriza por múltiples retroalimentaciones entre investigación, diseño, producción y uso.

En consecuencia, la innovación tiene un carácter eminentemente sectorial y territorial. Los conocimientos requeridos para desarrollar una nueva variedad vegetal tolerante a la sequía no son idénticos a los necesarios para diseñar una plataforma digital de trazabilidad ganadera o para producir nuevos biomateriales a partir de residuos forestales. Aunque puedan compartir ciertas bases científicas —por ejemplo, herramientas de análisis de datos o técnicas de edición génica—, cada una de estas innovaciones exige la combinación de capacidades particulares, la comprensión de regulaciones específicas, el conocimiento de las preferencias de los consumidores y la interacción con actores concretos de la cadena de

valor correspondiente. Esta especificidad sectorial fue resaltada por Malerba (2002), quien argumenta que cada actividad económica configura un sistema sectorial de innovación con actores, instituciones, bases de conocimiento y mecanismos de aprendizaje propios.

El carácter específico de la innovación también se expresa en la importancia del conocimiento tácito y del aprendizaje interactivo. Lundvall (1992) sostiene que gran parte del conocimiento relevante para innovar no puede codificarse completamente y se genera mediante la interacción entre productores, proveedores, usuarios e instituciones de apoyo. La resolución de problemas concretos requiere, por lo tanto, procesos de aprendizaje colectivo que permitan adaptar conocimientos generales a condiciones productivas particulares. Esta perspectiva resulta especialmente relevante para sectores donde las innovaciones deben ajustarse a condiciones ecológicas, climáticas o socioproductivas heterogéneas.

En el caso de la agricultura y la bioeconomía, esta característica resulta particularmente evidente. El desarrollo de innovaciones relevantes requiere comprender simultáneamente aspectos científicos, productivos, ambientales y comerciales. La generación de un bioinsumo para el control biológico de plagas, por ejemplo, involucra capacidades en microbiología y biotecnología, pero también conocimientos agronómicos sobre los sistemas de producción donde será utilizado, marcos regulatorios para su aprobación, mecanismos de escalamiento industrial y redes de distribución que permitan su adopción por parte de los productores. La innovación emerge así de la interacción entre conocimiento general y conocimiento específico del contexto de uso. Como señalan Hall, Janssen, Pehu y Rajalahti (2006), los sistemas de innovación agrícola se distinguen precisamente por la necesidad de integrar múltiples fuentes de conocimiento y coordinar una gran diversidad de actores públicos y privados.

Ello implica que las políticas públicas orientadas a fortalecer la innovación no deberían limitarse al financiamiento de la investigación básica ni a la promoción genérica de la ciencia y la tecnología. También deben crear espacios de articulación entre los generadores de conocimiento y los actores de las distintas cadenas de valor, identificar cuellos de botella tecnológicos concretos y promover mecanismos de colaboración orientados a la resolución de problemas (Mazzucato, 2018).

8. La cooperación en ciencia, tecnología e innovación agropecuaria, las experiencias existentes como punto de partida

La evidencia presentada sugiere la necesidad de avanzar hacia nuevas formas de cooperación regional, que por un lado articulen las capacidades en las nuevas tecnologías, y por otro movilicen el desarrollo de respuestas alrededor de cadenas de valor, o problemáticas específicas.

En cuanto a capacidades, se trata de inteligencia artificial agropecuaria, edición génica, bioinformática, bioinsumos y vigilancia sanitaria. La articulación alrededor de problemas o productos dependerá de situaciones particulares.

Frente a esto no se parte de cero. Cualquier propuesta que se haga debe tomar en cuenta que existen experiencias relevantes sobre las cuales construir nuevas formas de cooperación científica y tecnológica.

A nivel global, el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) constituye probablemente el ejemplo más relevante de institucionalidad orientada a la generación de bienes públicos para la agricultura. Desde su creación en 1971, los centros internacionales de investigación agrícola han desarrollado variedades vegetales, tecnologías productivas y conocimientos científicos que beneficiaron simultáneamente a decenas de países. Las innovaciones generadas por instituciones como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y otros centros contribuyeron decisivamente a los incrementos de productividad observados durante la Revolución Verde (Evenson y Gollin, 2003).

Diversas evaluaciones estiman que los beneficios acumulados generados por el CGIAR superan ampliamente las inversiones realizadas, con tasas internas de retorno frecuentemente superiores al 30 % anual (Alston et al., 2022; CGIAR, 2024).

En términos regionales hay asimismo iniciativas de cooperación particularmente exitosas. A nivel de cadenas específicas, el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) y el Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y la Modernización de la Caficultura (PROMECAFE) representan, entre otros casos, experiencias a tomar en cuenta.

El FLAR – integrado por productores, empresas e investigadores de múltiples países – ha permitido desarrollar variedades adaptadas a diferentes condiciones agroecológicas y compartir conocimiento, y se considera una de las bases de la competitividad del sector arrocerero de la región.²

PROMECAFE – integrado por las instituciones cafeteras de los países de Mesoamérica y el Caribe – ha coordinado durante décadas investigación, formación de recursos humanos y difusión tecnológica entre países productores de café. Su trabajo resultó particularmente relevante para enfrentar amenazas compartidas como la roya del café.

Asimismo, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y diversas redes regionales vinculadas al banano han facilitado el intercambio de germoplasma y el fortalecimiento de capacidades para enfrentar amenazas emergentes como Fusarium Tropical Race 4 (TR4) (CATIE, 2023).

Más allá de la cooperación por cadenas de valor, existen también experiencias de carácter institucional orientadas a promover la cooperación sistemática, es decir, entre instituciones de I&D, con agenda abierta.

El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR) ha facilitado la coordinación entre institutos nacionales de investigación agropecuaria del Cono Sur por más de 50 años, y ha tenido sucesivas evaluaciones muy exitosas (PROCISUR, 2023).

El Programa Cooperativo de Investigación Tecnológica para la Región Norte (PROCINORTE) ha promovido la cooperación científica entre Canadá, Estados Unidos y México, facilitando el intercambio de información y el desarrollo conjunto de iniciativas de investigación (PROCINORTE, 2023).

Finalmente, este rico conjunto de mecanismos colaborativos se completa con el Foro Regional de Investigación Agrícola (FORAGRO) y el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), que representan expresiones institucionales particularmente relevantes (Piñeiro y Trigo, 2023).

FORAGRO opera como espacio para la reflexión estratégica y la articulación institucional, mientras que FONTAGRO constituye un instrumento regional para el financiamiento competitivo de proyectos colaborativos de innovación agropecuaria.

² Ver <https://inia.uy/actividades/25-anos-del-fondo-latinoamericano-para-arroz-de-riego-flar>

Estas experiencias muestran que la región no parte desde cero. Por el contrario, dispone de importantes antecedentes institucionales sobre los cuales construir nuevos mecanismos adaptados a las exigencias de la actual revolución tecnológica. El gran desafío consiste ahora en avanzar en su articulación más efectiva en el contexto de los nuevos escenarios de la ciencia, la tecnología y la innovación.

9. ¿Por qué ahora?

La pregunta sobre el momento resulta tan importante como la pregunta sobre el contenido de las iniciativas.

Tres grandes tendencias hacen particularmente relevante la construcción de capacidades regionales en ciencia, tecnología e innovación.

La nueva competencia geopolítica por la tecnología. Durante gran parte del período posterior a la Guerra Fría, la globalización favoreció una amplia circulación internacional de conocimientos y tecnologías. Sin embargo, durante los últimos años se observa una creciente rivalidad tecnológica entre Estados Unidos, China y la Unión Europea.

La inteligencia artificial, los semiconductores, la computación avanzada, la biotecnología y las tecnologías verdes se han convertido en componentes centrales de la competencia estratégica internacional (OECD, 2024; IMF, 2025).

Este escenario genera riesgos de ampliación de las brechas tecnológicas, pero también oportunidades para fortalecer capacidades propias aprovechando la creciente relevancia estratégica de los recursos biológicos y agroalimentarios.

La inteligencia artificial como tecnología de propósito general. La inteligencia artificial constituye probablemente el cambio tecnológico más importante desde la expansión de Internet (Brynjolfsson y McAfee, 2017). Sus aplicaciones potenciales en agricultura abarcan tanto la forma en que se organizan los procesos de I&D como la organización de los procesos productivos y los sistemas agroalimentarios. Sin embargo, el acceso efectivo a estas tecnologías depende de capacidades científicas, recursos computacionales y disponibilidad de datos actualmente altamente concentrados.

La bioeconomía como nueva frontera del desarrollo. La creciente demanda por reducir emisiones y sustituir recursos fósiles está revalorizando el papel estratégico de los recursos biológicos. La bioeconomía aparece, así, como una nueva frontera de crecimiento basada en el conocimiento. La transición hacia biomateriales, bioinsumos y nuevas cadenas

de valor biobasadas favorece particularmente a regiones con abundantes recursos biológicos. Pocas regiones poseen ventajas comparables a las de América Latina y el Caribe en términos de biodiversidad, biomasa y capacidad agropecuaria (IICA, 2022; CEPAL, 2024).

Sin embargo, capturar estas oportunidades requiere capacidades avanzadas en biotecnología, ingeniería genética, inteligencia artificial y bioinformática.

10. Implicancias estratégicas para América Latina y el Caribe

La convergencia tecnológica actualmente en curso plantea desafíos que trascienden ampliamente el ámbito agropecuario. En primer lugar, existe el riesgo de una nueva periferización tecnológica. Los países que logran incorporarse tempranamente a nuevas trayectorias tecnológicas tienden a acumular ventajas dinámicas crecientes (Romer, 1990; Aghion y Howitt, 1992).

En segundo lugar, la región enfrenta el riesgo de desaprovechar una oportunidad histórica asociada a la bioeconomía. La biodiversidad constituye una ventaja estratégica únicamente cuando puede transformarse en innovación, productos y nuevos modelos de negocio.

Finalmente, la fragmentación institucional representa un tercer desafío. Un panorama caracterizado por baja inversión y capacidades dispersas difícilmente resulte adecuado para enfrentar las exigencias tecnológicas de la época.

La respuesta estratégica consiste en construir mecanismos permanentes de cooperación capaces de generar bienes públicos regionales y fortalecer la capacidad colectiva de innovación.

11. Comentarios finales

La agricultura mundial atraviesa una transformación tecnológica de magnitud comparable a las grandes revoluciones productivas del pasado. La convergencia entre inteligencia artificial, biotecnología, edición génica, bioinformática y bioeconomía está redefiniendo simultáneamente los procesos de generación de conocimiento y las fuentes de competitividad económica.

Esta transformación presenta oportunidades extraordinarias para América Latina y el Caribe. Sin embargo, dichas oportunidades no se materializarán automáticamente. La evidencia muestra que los sistemas regionales de ciencia y tecnología enfrentan importantes desafíos estructurales. Las capacidades científicas se encuentran fuertemente concentradas y la creciente complejidad tecnológica amplifica las ventajas de quienes ya poseen capacidades avanzadas.

La principal conclusión del análisis es que la cooperación regional deja de ser una opción complementaria para convertirse en una necesidad estratégica. Durante el siglo XX, los países construyeron institutos nacionales de investigación para aprovechar las oportunidades de la Revolución Verde. Durante el siglo XXI, el desafío consiste en construir capacidades regionales capaces de aprovechar la convergencia entre inteligencia artificial, nueva biología y bioeconomía.

La cuestión ya no es únicamente cuánto invierte cada país en investigación. La pregunta estratégica es si América Latina y el Caribe será capaz de transformar capacidades dispersas en una verdadera capacidad colectiva de innovación.

La respuesta a esa pregunta contribuirá decisivamente a definir el lugar que la región ocupará en la economía global del conocimiento durante las próximas décadas.

Referencias

- Acemoglu, D. & Johnson, S. (2023). Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle over Technology and Prosperity. PublicAffairs.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323–351.
- Aghion, P., Akcigit, U., & Howitt, P. (2015). The Schumpeterian growth paradigm. *Annual Review of Economics*, 7, 557–575.
- Alston, J. M., Andersen, M. A., James, J. S., & Pardey, P. G. (2010). Persistence pays: U.S. agricultural productivity growth and the benefits from public R&D spending. Springer.
- Alston, J. M., Pardey, P. G., & Rao, X. (2022). Returns to agricultural R&D. *Annual Review of Resource Economics*, 14, 1–24.
- Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. En *The Rate and Direction of Inventive Activity* (pp. 609–626). Princeton University Press.
- ASTI/IFPRI. (2024). Agricultural Science and Technology Indicators Database. International Food Policy Research Institute.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). Agtech e innovación digital en América Latina y el Caribe. BID.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2024). Inteligencia artificial y transformación productiva en América Latina. BID.
- Barrett, S. (2007). Why cooperate? The incentive to supply global public goods. Oxford University Press.
- Beintema, N., & Nin-Pratt, A. (2024). Agricultural R&D trends in Latin America and the Caribbean. IFPRI.
- Bell, M., & Pavitt, K. (1995). The development of technological capabilities. En I. U. Haque (Ed.), *Trade, Technology and International Competitiveness* (pp. 69–101). Washington, DC: World Bank.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, platform, crowd: Harnessing our digital future*. Norton.
- CARDI. (2024). Strategic Plan 2024–2030. Caribbean Agricultural Research and Development Institute.
- CATIE. (2023). Innovación regional para la resiliencia de los sistemas cafetaleros y bananeros de Mesoamérica. CATIE.
- CEPAL. (2016). *Horizontes 2030: La igualdad en el centro del desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
- CEPAL. (2019). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.
- CEPAL. (2022). *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
- CEPAL. (2024). *Perspectivas de la bioeconomía latinoamericana*. Naciones Unidas.

- CGIAR. (2021). CGIAR 2030 Research and Innovation Strategy.
- CGIAR. (2024). Science and innovation for transforming food systems.
- Cimoli, M., Dosi, G., & Stiglitz, J. E. (2009). *Industrial policy and development*. Oxford University Press.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy*, 11(3), 147–162.
- Edquist, C. (1997). *Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations*. Pinter.
- European Commission. (2024). *Horizon Europe Strategic Plan 2025–2027*. Brussels: European Commission.
- Evenson, R. E., & Gollin, D. (2003). *Crop variety improvement and its effect on productivity*. CABI.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2024). *The State of Food Security and Nutrition in the World*. FAO.
- FAO. (2022). *The future of food and agriculture: Drivers and triggers for transformation*. FAO.
- FAO. (2023). *Digital agriculture transformation strategy*. FAO.
- FAO. (2024). *The State of Food and Agriculture*. FAO.
- FONTAGRO. (2024). *Informe institucional*. FONTAGRO.
- Foray, D. (2004). *The economics of knowledge*. MIT Press.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter.
- Fuglie, K. O. (2024). *Global agricultural productivity report*. Virginia Tech.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Harvard University Press.
- Hall, A., Janssen, W., Pehu, E., & Rajalahti, R. (2006). *Enhancing Agricultural Innovation: How to Go Beyond the Strengthening of Research Systems*. Washington, DC: World Bank.
- Hall, B. H., & Rosenberg, N. (2010). *Handbook of the economics of innovation*. Elsevier.
- IICA (2018). *Plan de Mediano Plazo (PMP) 2018-2022*, IICA.
- IICA. (2020). *La bioeconomía: motor para el desarrollo sostenible de las Américas*. IICA.
- IICA. (2022). *Perspectivas de la bioeconomía en América Latina y el Caribe*. IICA.
- IICA. (2024). *Agricultura, innovación y bioeconomía en las Américas*. IICA.
- International Monetary Fund. (2025). *Geo-economic fragmentation and global innovation*. IMF.

- Juma, C. (2016). *Innovation and its enemies*. Oxford University Press.
- Kaul, I., Grunberg, I., & Stern, M. (1999). *Global public goods: International cooperation in the 21st century*. Oxford University Press.
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En R. Landau & N. Rosenberg (Eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth* (pp. 275–305). Washington, DC: National Academy Press.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42.
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247–264.
- Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state*. Anthem Press.
- Mazzucato, M. (2018). *Mission-Oriented Research and Innovation in the European Union: A Problem-Solving Approach to Fuel Innovation-Led Growth*. Brussels: European Commission.
- Mazzucato, M. (2023). *Mission economy*. Penguin.
- McKinsey Global Institute. (2025). *The economic potential of generative AI*.
- Mokyr, J. (1990). *The lever of riches*. Oxford University Press.
- Mokyr, J. (2002). *The gifts of Athena*. Princeton University Press.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Science breakthroughs to advance food and agricultural research by 2030*. National Academies Press.
- Nature Biotechnology. (2024). Gene editing in agriculture. *Nature Biotechnology*, 42(1), 10–25.
- Nelson, R. R. (1993). *National innovation systems: A comparative analysis*. Oxford University Press.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.
- OECD. (2009). *The bioeconomy to 2030*. OECD Publishing.
- OECD. (2018). *Innovation, agricultural productivity and sustainability in Latin America*. OECD Publishing.
- OECD. (2019). *Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Argentina*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2021). *Digital opportunities for agriculture*. OECD Publishing.
- OECD. (2024). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook*. OECD Publishing.
- OECD. (2025a). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025*. OECD Publishing.

- OECD. (2025b). Biotechnology, artificial intelligence and the future of innovation. OECD Publishing.
- OECD. (2026). Production Transformation Policy Review. Sección sobre bioeconomía y convergencia tecnológica. OECD Publishing.
- Olson, M. (1965). The logic of collective action. Harvard University Press.
- Pardey, P. G., Chan-Kang, C., Dehmer, S., & Beddow, J. (2016). Agricultural R&D is on the move. IFPRI.
- Piñeiro, M., y Trigo, E. (2023). La innovación tecnológica agropecuaria en América Latina: reflexiones sobre su historia y propuestas en torno a su situación actual. San José, CR: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Piñeiro, M., y Trigo, E. J. (Eds.). (1983). Technical Change and Social Conflict in Agriculture: Latin American Perspectives. Boulder, CO: Westview Press.
- Porter, M. E. (1990). The competitive advantage of nations. Free Press.
- PROCINORTE. (2023). Regional cooperation and agricultural innovation. PROCINORTE.
- PROCISUR. (2023). Agenda regional de innovación agropecuaria. PROCISUR.
- PROMECAFE. (2024). Regional innovation strategy. PROMECAFE.
- Qaim, M. (2020). Genetically modified crops and agricultural development. Palgrave Macmillan.
- RICYT. (2024). Indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos e interamericanos. RICYT.
- Rodrik, D. (2007). One economics, many recipes. Princeton University Press.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102.
- Rosenberg, N. (1982). Inside the Black Box: Technology and Economics. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ruttan, V. W. (2001). Technology, growth and development. Oxford University Press.
- Sandler, T. (2004). Global collective action. Cambridge University Press.
- Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. Crown Business.
- SCImago. (2024). SCImago Journal & Country Rank Database.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Trigo, E., Chavarría, H., Pray, C., Smyth, S., Torroba, A., Wesseler, J., & Zilberman, D. (2021). The bioeconomy and food systems transformation: A view from the Americas. 2021 Conference of the International Association of Agricultural Economists, August 17–31, 2021 (Paper 315307). <https://ideas.repec.org/p/ags/iaae21/315307.html><https://ideas.repec.org/s/ags/iaae21.html>
- UNESCO. (2021). Engineering for sustainable development. UNESCO.

- UNESCO. (2024). UNESCO Science Report 2024. UNESCO.
- USDA Economic Research Service. (2024). International agricultural productivity report. USDA.
- Wagner, C. S. (2008). The new invisible college: Science for development. Brookings Institution Press.
- WIPO. (2025). Global Innovation Index 2025. World Intellectual Property Organization.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big data in smart farming. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.
- World Bank. (2012). *Agricultural Innovation Systems: An Investment Sourcebook*. Washington, DC: World Bank.
- World Bank. (2021). *Harvesting prosperity: Technology and productivity in agriculture*. World Bank.
- World Bank. (2024). *Accelerating agricultural innovation*. World Bank.
- World Economic Forum. (2024). *Global technology report 2024*. WEF.

Grupo CEO

Consultores en Economía y Organización

www.grupo-ceo.com · info@grupo-ceo.com

[linkedin.com/company/grupo-ceo-sa](https://www.linkedin.com/company/grupo-ceo-sa) · [@GCEO_SA](https://www.instagram.com/GCEO_SA)