
La innovación tecnológica agropecuaria en América Latina: reflexiones sobre su historia y propuestas en torno a su situación actual¹

Martín Piñeiro² y Eduardo Trigo^{3,4}

¹ Las opiniones expresadas en este documento son las de sus autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas del IICA.

² Ex-Director General del IICA

³ Asesor Especial del Director General del IICA

⁴ Los autores quieren agradecer los valiosos comentarios ofrecidos a una versión previa de este documento por Manuel Otero, Nicolás Mateo, Carlos Pomareda, Gabriel Delgado, Julio Berdegue, y Valeria Piñeiro.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2023



La innovación tecnológica agropecuaria en América Latina:
reflexiones sobre su historia y propuestas en torno a su situación actual
por IICA se encuentra publicado bajo
Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir
igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)
Creado a partir de la obra en www.iica.int

El Instituto promueve el uso justo de este documento, así como el tratamiento de los datos personales, de acuerdo con la normativa del IICA vigente. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda y que se garantice el derecho de toda persona a la protección de sus datos personales, según la normativa del IICA.

Esta publicación está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <http://www.iica.int>.

Coordinación editorial: Federico Villarreal
Corrección de estilo: Unidad de Idiomas IICA
Diagramado: Federico Asín
Diseño de portada: Federico Asín

Piñero, Martín E.
La innovación tecnológica agropecuaria en América Latina: reflexiones sobre su historia y propuestas en torno a su situación actual/ Eduardo J. Trigo-
San José, C.R.: IICA, 2023. 37 p ; 21 x 16 cm.

ISBN: 978-92-9273-038-3

1. Innovación agrícola 2. Coyuntura agraria 3. Agricultura digital 4. Tecnología nueva 5. América Latina y el Caribe I. IICA
II. Título

AGRIS
E16

DEWEY
338.16

Las ideas, las formas de expresión y los planteamientos de este documento son propios del autor (o autores), por lo que no necesariamente representan la opinión del IICA ni juicio alguno de su parte sobre las situaciones o condiciones planteadas.

San José, Costa Rica
2023

Índice

La innovación tecnológica agropecuaria en América Latina: reflexiones sobre su historia y propuestas en torno a su situación actual.....	1
Índice.....	2
I. Introducción.....	4
II. Una interpretación de la evolución del marco institucional de investigación y desarrollo agropecuario en América Latina y el Caribe (ALC): bases para analizar las necesidades actuales.....	7
III. La situación actual: los sistemas alimentarios y la bioeconomía como marcos conceptuales y las nuevas preocupaciones, necesidades y oportunidades.....	11
III.1 La complejidad conceptual y temática de los sistemas alimentarios: cambios en los actores económicos y nuevas preocupaciones temáticas.....	11
III.2 La consolidación de la bioeconomía como forma de aprovechamiento del capital natural.....	12
III.3 La geografía de la inseguridad alimentaria y la pobreza y sus consecuencias en las prioridades de investigación.....	13
III.4 La seguridad alimentaria y las nuevas preocupaciones nutricionales y ambientales.....	16
III.5 Los nuevos escenarios de la ciencia y la tecnología y los nuevos actores institucionales.....	18
IV. Reflexiones sobre las prioridades de investigación, el sistema institucional y las políticas públicas de ciencia y tecnología en los sistemas agroalimentarios.....	21
IV.1 Las prioridades de investigación: los bienes públicos en el contexto de los sistemas alimentarios y las nuevas preocupaciones internacionales.....	22
IV.2 El fortalecimiento de la arquitectura institucional: la necesidad de gestionar una creciente complejidad.....	23
IV.3 Las políticas públicas en apoyo a la innovación tecnológica.....	27
V. Reflexiones finales: hacia una hoja de ruta para la transformación y el fortalecimiento de la innovación tecnológica en los sistemas alimentarios de la región.....	29
VI. Referencias bibliográficas.....	31
Anexo 1. Los altos niveles de subinversión: una restricción histórica.....	36
Anexo 2. La institucionalidad en los países pequeños.....	38

I. Introducción

Durante la segunda mitad del siglo pasado una buena parte de la agricultura de América Latina experimentó una importante transformación tecnológica, mediante la cual la región aumentó sustantivamente su producción y productividad. Tal como se explica en la sección II, estos procesos ocurrieron en productos y situaciones de producción específicos, en los que confluyeron tres fenómenos principales: a) por su naturaleza y origen institucional, las tecnologías disponibles constituían bienes públicos internacionales; b) se había establecido una infraestructura institucional pública nacional e internacional capaz de desarrollar, adaptar y difundir tecnologías basadas en conocimientos disponibles en el ámbito internacional; y c) se unieron intereses económicos y políticos para lograr dichas transformaciones (Piñeiro y Trigo 1983b).

La situación actual es más ambigua y compleja. Han surgido nuevas preocupaciones económicas, sociales y políticas, como, por ejemplo, el cambio climático, mientras que la ciencia y la tecnología se han transformado en términos de sus componentes, sofisticación, intereses económicos y actores involucrados. Como consecuencia de ello han surgido nuevos problemas, necesidades y demandas en torno al proceso innovativo. En este marco más complejo es más difícil alinear las necesidades, los objetivos, las capacidades institucionales y el financiamiento, lo cual ha afectado a las instituciones de ciencia y tecnología en el sector agroalimentario y ha generado un sentimiento generalizado de que las innovaciones tecnológicas para el sistema alimentario de la región no se están produciendo a la velocidad requerida para aprovechar las oportunidades y responder efectivamente a las necesidades actuales. Esto es particularmente importante en América Latina, cuya producción de alimentos resulta fundamental en su estructura productiva y contribuye de gran manera a la seguridad alimentaria global.

En este documento se han considerado varios elementos de trabajos anteriores a fin de analizar la situación actual y determinar un conjunto de acciones y políticas necesarias para promover la generación de innovaciones tecnológicas para los sistemas alimentarios de la región. El marco analítico propuesto se basa en tres enunciados principales.

El primero es que los sistemas alimentarios constituyen el marco conceptual que reemplaza el concepto de la agricultura como unidad de análisis y, por lo tanto, las preocupaciones sociales, ambientales, nutricionales y sanitarias reciben una mayor atención, mientras que los bienes públicos tecnológicos requeridos son más complejos y diversos que los que fueron necesarios para aumentar la productividad. Se debe definir una nueva familia de bienes públicos tecnológicos requeridos para cumplir los nuevos objetivos de la sociedad, los cuales deben ser provistos principalmente por entidades públicas nacionales e internacionales.

El segundo enunciado es que, una vez redefinidos los bienes públicos tecnológicos prioritarios, se deben redefinir también la estructura institucional encargada de la creación y difusión de los conocimientos tecnológicos, los actores, el origen y las formas de financiamiento y las políticas de promoción de las actividades innovativas para que estos

nuevos bienes públicos se produzcan e incorporen en la estructura productiva. En la mayoría de los casos la realización de estos procesos requerirá una estrecha colaboración con actores privados.

Finalmente, **el tercer enunciado** es que, con la creciente relevancia de la biología, la genética, la bioquímica, la informática, otras ciencias duras y las ingenierías, han aparecido actores privados que generan una buena parte de las innovaciones tecnológicas importantes para los sistemas alimentarios. Estas tecnologías no son bienes públicos en un sentido estricto, ya que muchas de ellas están incorporadas en bienes comercializados en el mercado; sin embargo, el buen funcionamiento de los mercados de bienes tecnológicos y el desarrollo de los actores privados que las producen y comercializan están determinados, al menos parcialmente, por los marcos normativos, las regulaciones y el apoyo estatal, todos los cuales constituyen bienes públicos y que, por consiguiente, deben ser provistos por el Estado.

El objetivo principal de este documento es presentar y desarrollar una argumentación que permita reflexionar y formular una propuesta sobre los principales desafíos implícitos en estos tres enunciados en relación con el sistema institucional de ciencia y tecnología para el sector agroalimentario. No está dirigido a reflexionar acerca del sistema productivo agroalimentario y sus contribuciones al desarrollo económico, sino a llamar la atención con respecto a la evolución del sistema de ciencia y tecnología regional, los problemas acumulados y los principales elementos de un programa de fortalecimiento de las actividades desarrolladas en la región vinculadas al sector agroalimentario en materia de ciencia y tecnología.

Este documento se elaboró a partir de la amplia literatura disponible en el tema, en particular, de los mismos autores de este documento y de otros, como Delgado y Gauna (2021) y Trigo y Díaz-Bonilla (2022), debido a lo cual estos deberían ser considerados como “coautores en la sombra” de este trabajo, aunque no sean responsables de las opiniones expresadas en él ni de los errores que pueda contener.

En la sección II se presenta una descripción y evaluación del desarrollo del sistema de ciencia y tecnología para el sector agropecuario durante los últimos 50 años, que sirve de base para identificar y contrastar los éxitos logrados en el pasado y los problemas actuales. En las secciones III, IV y V se desarrollan los tres enunciados presentados anteriormente.

II. Una interpretación de la evolución del marco institucional de investigación y desarrollo agropecuario en América Latina y el Caribe (ALC): bases para analizar las necesidades actuales

En 1960 la población mundial apenas superaba los 3.000 millones de personas, de los cuales dos tercios vivían en zonas rurales. Tanto en la región como en el mundo el principal problema alimentario era el hambre (la carencia de suficientes calorías para una vida saludable). En muchos países en desarrollo, la pobreza era un problema principalmente rural. En los sesenta el precio del barril de petróleo era de menos de USD 7 (en precios constantes de 2010), mientras que el cambio climático y su relación con el uso de combustibles fósiles no era una preocupación dentro de las políticas públicas. ALC tenía alrededor de 220 millones de habitantes, de los cuales algo más de la mitad correspondía a población rural (Berdegué et al. 2001).

En ese contexto, en los ámbitos mundial y regional aumentar la producción de alimentos, especialmente en los países pobres con altos niveles de inseguridad alimentaria, se convirtió en un objetivo central de los programas de cooperación de los Gobiernos e instituciones de los países desarrollados y, por tanto, de los organismos internacionales. Este objetivo estaba estrechamente vinculado a preocupaciones geopolíticas más amplias, como la inestabilidad política en algunas regiones del mundo, mayormente relacionadas con situaciones de pobreza e inseguridad alimentaria, donde la Guerra Fría definía áreas de competencia mundial. Estratégicamente se trataba de integrar la agricultura en las economías de mercado emergentes, incrementar la producción agroalimentaria, las divisas y el ahorro, y facilitar la transferencia de mano de obra hacia los sectores industriales urbanos, sobre cuyo crecimiento se asentaba la estrategia de industrialización sustitutiva de importaciones (Reynolds 1975). Para ello se debía acelerar la transferencia de tecnología disponible en los países desarrollados (Schultz 1964).

Estas ideas, dominantes a fines de 1950, son las que definieron las bases institucionales de la estructura del sistema de investigaciones que aún persiste en la región y que consta de tres componentes principales.

El primero de ellos está constituido por los centros nacionales de investigación agropecuaria, que surgen a partir de la propuesta presentada al Gobierno argentino por Raúl Prebisch, secretario general de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), de crear un organismo público de gestión pública/privada, con el mandato de desarrollar, impulsar y difundir la innovación tecnológica en el sector agropecuario. La idea central era que, dentro de una estrategia de desarrollo que seguía promoviendo la industrialización (especialmente por medio de la sustitución de importaciones), podía surgir una solución tecnológica para enfrentar el desafío de alimentar a la población y aumentar las exportaciones agropecuarias, esenciales para lograr el equilibrio macroeconómico del país, a través de una innovación tecnológica enfocada en incrementar la productividad de ciertos productos básicos (especialmente los granos).

En virtud de esta recomendación, en 1956 el Gobierno argentino creó el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), que se convirtió en un importante centro de investigaciones y transferencia de tecnología. Dentro del esquema propuesto el Estado desempeñaba un papel predominante en la promoción del cambio tecnológico, debido a su función en la promoción del desarrollo económico y a la propia naturaleza de las tecnologías con que se trabajaba, la mayor parte de ellas con características de bienes públicos (Trigo y Piñeiro 1981).

En este marco conceptual, siguiendo esquemas institucionales más o menos similares, se crearon luego los institutos nacionales de investigación agrícola/agropecuaria (INIA) en Ecuador (1959), México (1960), Venezuela (1961), Colombia (1963), Chile (1964), Brasil (1972), Guatemala (1972), Bolivia (1975), Panamá (1975), Uruguay (1989), Paraguay (1992), El Salvador (1993), Nicaragua (1993) y Costa Rica (2001). La creación de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) responde también a esta visión, aunque con un enfoque institucional algo diferente (Echeverría y Trigo 2008).

El segundo componente institucional lo constituyen los centros internacionales de investigación que actualmente integran el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Su establecimiento se inicia a partir de una corriente de pensamiento, especialmente importante en los medios académicos de Estados Unidos, la cual aportó evidencia científica y argumentos prácticos que vinculaban los extraordinarios avances en productividad logrados en la agricultura de dicho país y, de cierta forma, en algunos países europeos, con los adelantos científicos y tecnológicos aportados principalmente por el sistema de las universidades estatales de los Estados Unidos (Ruttan 1992).

Con base en esta perspectiva surgió una propuesta, impulsada principalmente por las fundaciones Rockefeller y Ford, así como por la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), de crear mecanismos institucionales y apoyo financiero para impulsar la modernización y la productividad de la agricultura de los países en desarrollo con base en los adelantos tecnológicos que habían fomentado una mayor productividad agrícola en los Estados Unidos. Esta propuesta se materializó primero con la creación de algunos programas específicos en México y Perú que, a fines de los sesenta, se transformaron en la gran iniciativa organizacional conocida actualmente como el CGIAR. tres de los centros más importantes fueron instalados en la Región. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), creado en 1966 en México; el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), creado en 1967; y el Centro Internacional de la Papa (CIP), creado en 1970 en Perú (Trigo 2012).

El tercer componente institucional está constituido por diversas plataformas y centros regionales, desarrollados con el respaldo de agencias internacionales como el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), tales como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícola del Caribe (CARDI, por sus siglas en inglés), los programas cooperativos de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria (PROCI) en el plano subregional y una diversidad de redes temáticas por

producto o disciplina (que ha operado en distintos momentos), entre las cuales revistieron particular importancia el Foro de las Américas para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico Agropecuario (FORAGRO), que apuntaba a establecer una plataforma para la discusión estratégica, vinculando a los diversos actores públicos y privados de investigación y desarrollo (I+D) en el ámbito agroalimentario de la región, y el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), creado con el objetivo de movilizar recursos financieros para la generación de bienes públicos regionales, principalmente facilitando el trabajo conjunto entre las instituciones nacionales y los centros internacionales (Echeverría y Trigo 2008). Si bien este tercer componente ha tenido una menor incidencia, podría tener un papel importante en un futuro reordenamiento del sistema institucional de ciencia y tecnología, cumpliendo una función articuladora en la identificación de prioridades de investigación y en el trabajo conjunto multistitucional.

Estos tres componentes institucionales constituyen el núcleo del sistema público de desarrollo tecnológico de la agricultura regional. Al momento de la creación de los primeros componentes institucionales el problema que debían resolver fue definido en términos del hambre, la pobreza y el subdesarrollo, pero el objetivo era aumentar la disponibilidad de la oferta agropecuaria de alimentos para el consumo regional y de productos básicos para las exportaciones. La estrategia principal fue aumentar la productividad de un número relativamente pequeño de especies clave de la agricultura tradicional y de la comercial mediante el desarrollo tecnológico de los sistemas productivos. La investigación estuvo dirigida a la provisión de bienes públicos, principalmente en forma de inventarios de los recursos naturales, mejoramiento de variedades y resolución de problemas de fertilidad y fitoprotección. Estos temas constituyeron casi en su totalidad los elementos centrales de la estrategia científico-tecnológica seguida.

El trabajo colaborativo de los INIA y los centros internacionales pertenecientes al CGIAR, especialmente de los ubicados en la región, alcanzó un éxito importante en el ámbito regional, reflejado en los años ochenta y en las décadas posteriores en importantes aumentos en los rendimientos de cultivos estratégicos como los de trigo, arroz, habichuelas (frijoles) y papa, entre otros. Esto produjo un crecimiento de la productividad total de los factores (TFP, por sus siglas en inglés) de más del 2 % anual entre 1991 y 2010⁵, reflejado en una mayor participación de la región en el valor de la producción mundial (medida en valor de compra equivalente) del 9.5 % en 1961 al 13.4 % en 2019. En la última década ALC se ha convertido en la principal región exportadora neta (exportaciones menos importaciones) de alimentos en el mundo, superando a Estados Unidos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda (Díaz-Bonilla 2019).

En este sentido, las investigaciones realizadas en el marco del Proyecto Cooperativo de Investigación sobre Tecnología Agropecuaria en América Latina (PROTAAL) muestran que este éxito se asoció básicamente a tres factores de carácter tecnológico y político: a) la existencia en otros países del mundo o en organizaciones internacionales como el CGIAR de innovaciones tecnológicas adaptables a las condiciones productivas de la región, las cuales,

⁵ Véase el *Informe sobre la productividad agrícola mundial 2022*, disponible en <https://globalagriculturalproductivity.org/2022-gap-report/troublesome-trends/>.

por su naturaleza y la forma en que se habían generado, constituían bienes públicos internacionales; b) la disponibilidad de capacidades nacionales en los INIA o entidades similares para realizar los trabajos necesarios de investigación y desarrollo adaptativo; y c) en cada una de estas situaciones en las que se experimentaron transformaciones tecnológicas exitosas, la presencia de entidades agrarias del sector privado interesadas que ofrecieron su apoyo e influencia política para movilizar recursos del Estado en apoyo a las transformaciones tecnológicas requeridas, es decir, que hicieron posible que en las estrategias de investigación y desarrollo tecnológico de las instituciones nacionales involucradas (principalmente los INIA) se aprovecharan las tecnologías disponibles en los centros internacionales y que las políticas públicas potenciaran su adopción⁶.

En otras palabras, los procesos de modernización tecnológica fueron posibles cuando existieron ciertas precondiciones de carácter tecnológico, productivo, económico y político que permitían un esfuerzo coordinado de largo plazo. En este sentido, la claridad en cuanto a los objetivos tecnológicos planteados, la existencia de organizaciones de investigación capaces de generar el conocimiento tecnológico necesario y la confluencia de intereses económicos y políticos para liderar y financiar dichas instituciones e influir en favor de ciertas políticas públicas parecerían ser las tres condiciones necesarias y suficientes para lograr un éxito significativo (Piñeiro y Trigo 1983a y 1983b).

⁶ Véanse, p. ej., Piñeiro y Trigo (1983a y 1983b).

III. La situación actual: los sistemas alimentarios y la bioeconomía como marcos conceptuales y las nuevas preocupaciones, necesidades y oportunidades⁷

Durante la segunda mitad del siglo XX y las primeras décadas del siglo XXI las formas de inserción de la agricultura en la sociedad han experimentado enormes transformaciones que resultan en nuevos objetivos, problemas y preocupaciones, diferentes de los que llevaron a fines del siglo pasado a esa “alineación de los astros” que permitió aumentar considerablemente la producción de alimentos.

En particular, ha cambiado significativamente la estructura social de ALC, las condiciones de producción del sector agropecuario, la manera en que este se integra con el resto de la economía y la sociedad y las formas institucionales en que se desarrolla la investigación. Estos cambios en el contexto definen nuevas necesidades y prioridades en términos de las innovaciones tecnológicas prioritarias y, consecuentemente, del modo en que se desarrollan la investigación, el acceso y la adopción de tecnología en el sistema productivo. En las siguientes secciones se presentan cuatro dimensiones centrales de la construcción de un nuevo escenario en el que la “alineación de los astros” que hubo en el pasado requiere cambios sustanciales en el proceso innovativo. Esta descripción del nuevo escenario servirá como punto de partida para reflexionar sobre las tecnologías necesarias en la actualidad y las modificaciones institucionales y de las políticas públicas que se deben considerar para que el sistema de I+D agroalimentario mantenga la funcionalidad que tuvo durante sus etapas iniciales.

III.1 La complejidad conceptual y temática de los sistemas alimentarios: cambios en los actores económicos y nuevas preocupaciones temáticas

En los últimos setenta años ALC se ha transformado en un continente urbano. En 2020 el 81.18 % de su población vivía en ciudades y, de acuerdo con varias estimaciones, la tendencia se mantendría por lo menos durante las próximas décadas (CEPAL 2022). La urbanización tiene consecuencias directas en la forma en que la agricultura se integra en la sociedad. Al distanciarse la producción del consumo, se modifican no solo los productos que se consumen, sino también la manera en que se consumen. Surgen así sistemas alimentarios más complejos que integran nuevos procesos productivos y nuevos actores sociales y económicos que deben ser incorporados en los procesos de innovación tecnológica⁸.

En la medida en que aumenta la demanda de productos diferenciados y de mayor valor agregado, crece la importancia de los encadenamientos agroindustriales (hacia atrás con los proveedores de insumos y hacia adelante con la transformación y comercialización), que se convierten en componentes estratégicos de los sistemas alimentarios. Como

⁷ En esta sección se utilizan conceptos y textos de Díaz-Bonilla y Echeverría (2021).

⁸ Para discutir este tema véase: Piñeiro *et al.* 2021.

consecuencia, la agricultura pierde especificidad y su desarrollo pasa a ser gobernado por la lógica del conjunto. La significación de estos procesos resulta evidente por el peso creciente de los eslabonamientos en la generación del valor agregado del sector⁹; p. ej., entre 1950 y 2010 en Estados Unidos el marketing bill, un concepto que engloba todas las funciones entre la producción primaria y el consumo, pasó de representar el 59 % de lo que paga el consumidor por el producto final a más del 82 %. Es decir, la proporción de lo que reciben los productores agrarios se redujo del 41 % al 18 % del valor total (Schnepf 2015). Desafortunadamente, se carece de información comparable sobre los países de América Latina, pero no existe motivo para pensar que las tendencias son muy diferentes, según estudios que muestran cómo los supermercados han cobrado relevancia en los distintos mercados nacionales.

Estas transformaciones generan nuevos desequilibrios en la gestión de la I+D. Por una parte, la tradicional heterogeneidad que existía entre los productores agrarios, dada por el producto, la localización y el tamaño de las explotaciones como factores diferenciadores, adquiere actualmente una mayor complejidad, como consecuencia de una multitud de factores de diferenciación que incluyen diferentes aptitudes empresariales y gerenciales, comportamientos tecnológicos, estrategias de financiamiento y formas de inserción en la cadena de negocios (proveedores de insumos y servicios técnicos, empresas de procesamiento y mercadeo, etc.). Por otra, existe un nuevo marco de actores sociales no agrarios a los que resulta indispensable reconocer e incorporar en los procesos decisorios relativos a la investigación agroalimentaria. En paralelo, la I+D cobra mayor importancia, ya que, aunque no se refiere a tecnologías agrícolas, reviste una mayor trascendencia en los sistemas agroalimentarios.

III.2 La consolidación de la bioeconomía como forma de aprovechamiento del capital natural

En paralelo a lo anterior, la visión de la bioeconomía, definida como el conjunto de sectores que usan recursos, procesos y/o inteligencia biológica para la producción de bienes y servicios, constituye un enfoque de desarrollo que desde las últimas décadas del siglo pasado ha venido recibiendo creciente atención (OCDE 2009). Esto ocurrió mientras crecían las preocupaciones con respecto a la degradación de los recursos naturales y biológicos, los impactos del cambio climático y la necesidad de atender una creciente demanda de alimentos, materiales y energía y se potencia con el surgimiento de un nuevo paradigma tecnológico, basado en los avances en la biología y sus conexiones con otras ciencias duras, la ciencia de datos, la robótica y las ingenierías, lo cual permite recomponer trayectorias productivas para compatibilizar esas preocupaciones y demandas.

El punto de partida de la bioeconomía es la producción sostenible de biomasa vegetal, animal y microbiana, en la que se aprovecha la fotosíntesis para producir alimentos, energía y una amplia gama de biomateriales amigables con el ambiente. Cuando sitúa a la

⁹

agricultura en una más amplia y compleja red de sectores económicos, la bioeconomía impulsa la transformación de los territorios rurales, generando oportunidades de ingreso, empleo y desarrollo. Además, promueve la transición hacia una economía menos dependiente de recursos fósiles y más orientada al aprovechamiento de recursos biológicos y renovables (Chavarría et al. 2021) y permite sustituir el uso del carbón de origen fósil por fuentes renovables en la producción de una variedad de materiales. Constituye un concepto que complementa y expande el de economía circular, con un alto potencial para incrementar la ecoeficiencia y disminuir la huella de carbono de muchas trayectorias productivas y que propone un conjunto de oportunidades e interrogantes imposibles de ignorar a la hora de definir las prioridades y estrategias en el desarrollo de la ciencia y tecnología aplicada al sector (De Schoenmakere et al. 2018).

III.3 La geografía de la inseguridad alimentaria y la pobreza y sus consecuencias en las prioridades de investigación

La lucha contra la inseguridad alimentaria y la pobreza, definida, esta última, como la necesidad de promover condiciones más equitativas en el medio rural, ha sido siempre uno de los objetivos estratégicos de la investigación agropecuaria en los ámbitos nacional e internacional. Asimismo, ha sido una de las influencias más importantes en cuanto a la fijación de las prioridades y el diseño de los enfoques metodológicos para la implementación de las actividades, especialmente desde el comienzo de este siglo (CGIAR 2011). Esto llevó a que actualmente se priorice el desarrollo de alternativas tecnológicas para aumentar la productividad de los sistemas de producción campesinos y, en muchos casos, a que este constituya el eje central de las interacciones entre las instituciones nacionales e internacionales que trabajan en la región. Estas estrategias han sido exitosas en algunos casos; no obstante, su validez debe ser revisada a la luz de la evolución que ha tenido la dinámica de la pobreza en la región durante las últimas décadas y la forma en que esta dinámica afecta a los objetivos y las necesidades de los sistemas alimentarios.

En los últimos 70 años América Latina se ha transformado en un continente predominantemente urbano. Si bien en 1950 cerca del 60 % de su población vivía en el campo, en 1990 ese porcentaje se había reducido al 30 % y en 2020 se ubicaba entre el 15 % y el 20 % (ONU 2012). De manera consecuente, la geografía de la pobreza cambia también, porque mientras que el total de la población crece por debajo de la línea de pobreza, ella se “urbaniza”. Este fenómeno social, que fue sobre todo rural hasta 1980, cuando la pobreza rural representaba casi el 55 % del total de la población con problemas para acceder a los niveles de ingreso requeridos para asegurar sus necesidades básicas, en este siglo se está transformando cada vez más en un fenómeno de naturaleza urbana, en el que el aumento de la población en condiciones de pobreza se produce en las ciudades y los pobres urbanos pasan a representar el 68 % del total de la población con ingresos por debajo de la línea de pobreza. Independientemente de lo anterior, su magnitud continúa siendo significativa en términos absolutos y relativos, ya que en muchos países la población rural por debajo de la línea de pobreza continúa creciendo como proporción del total de los habitantes de las zonas rurales. Por otra parte, también es cierto que la pobreza es más “dura” en las zonas rurales que en las urbanas, ya que en las primeras el porcentaje del total de población pobre

es mayor (FIDA 2011).

Sin embargo, de conformidad con la estrategia de definición de prioridades y asignación de recursos a la generación de tecnologías, lo relevante no es tanto el problema de la pobreza en la región, sino el papel que la tecnología y, consecuentemente, la investigación agroalimentaria puede desempeñar en la solución de los problemas y las posibilidades de éxito. Esto se ve influenciado por el tipo de pobreza y las situaciones de producción asociadas a ella. La realidad es que una muy alta proporción de agricultores pobres no tiene acceso a la tierra ni a otros recursos productivos; p. ej., hacia el final de la década pasada, cerca de dos tercios de todas las familias rurales pobres de Chile carecían de acceso a la tierra con alguna forma de tenencia (Berdegué et al. 2001).

En la región se estima que hay 15 millones de pequeños productores, quienes poseen cerca de 400 millones de hectáreas. De ellos, 1) unos 10 millones, que controlan cerca de 100 millones de hectáreas, obtienen la mayoría de sus ingresos del trabajo no agroalimentario, remesas o subsidios sociales; 2) casi 4 millones, que controlan aproximadamente 200 millones de hectáreas, están integrados en los mercados, pero enfrentan fuertes restricciones derivadas de la pobre calidad de sus recursos naturales o de la falta de infraestructura o servicios; y 3) solo el millón restante, con casi 100 millones de hectáreas, está en condiciones de mantenerse y contratar mano de obra no vinculada con la familia (Berdegué y Fuentealba 2011). En este sentido, el rendimiento y las oportunidades, en particular de la primera categoría, pero también de una importante proporción de la segunda, se ven muy condicionados por las características del contexto económico (infraestructura física, salud, servicios sociales, etc.), que es, en la mayoría de los casos, muy desfavorable.

En este escenario, caracterizado generalmente por un marco de políticas públicas deficitarias en cuanto a la eliminación de esas restricciones, cualquier estrategia basada en el desarrollo tecnológico será inevitablemente de bajo impacto, si primero no se mejora el acceso a los recursos productivos necesarios para aumentar la producción y, consecuentemente, el nivel de ingresos para salir de la pobreza. En este contexto el potencial de la investigación agroalimentaria como instrumento en las estrategias de lucha contra la pobreza e inseguridad alimentaria es limitado y, en muchos casos, solo puede tener un papel secundario. La discusión no es sobre la importancia de la pobreza, que está fuera de toda duda, sino en torno a la eficacia de la investigación agroalimentaria como instrumento para resolver el problema. La I+D tecnológica es un instrumento muy poderoso para la promoción del desarrollo económico y social, pero sus impactos potenciales dependen de su ámbito de aplicación. Los beneficios sociales de las inversiones en investigación agroalimentaria están determinados en última instancia por su escala y la realidad productiva en la que se aplican.

Los habitantes sin tierra de las zonas rurales y los pequeños campesinos cuyos recursos naturales presentan un menor potencial productivo carecen de toda posibilidad de acceder a parte de los inmensos beneficios que ofrece la aplicación de la ciencia moderna para aumentar su productividad e ingresos. En las condiciones de acceso a los recursos en las

que viven los pobres rurales en la región, ni siquiera los avances tecnológicos más determinantes pueden tener un impacto significativo en sus ingresos, más allá de mejorar su autoconsumo y su seguridad alimentaria y nutricional. Por otra parte, tal como lo señalan otras investigaciones, los impactos favorables observados en la pobreza rural en situaciones en que el sistema productivo tuvo una adopción tecnológica importante se deben principalmente a los efectos indirectos que la mayor productividad lograda por el conjunto de los medianos y grandes productores rurales familiares capitalizados ha tenido en la reactivación económica del espacio rural y la generación de empleo no agrícola (Flugie, et.al, forthcoming).

Esta evidencia sugiere que las preocupaciones relativas a la seguridad alimentaria se orientarán cada vez más hacia la consideración de estrategias centradas en el acceso a los alimentos, especialmente en el sector urbano, así como a los alimentos saludables, en lugar de los enfoques centrados en lo rural, que han prevalecido hasta no hace mucho tiempo. Desde la perspectiva urbana, lo importante es asegurar un adecuado nivel de abastecimiento de alimentos inocuos, saludables y de buena calidad a precios accesibles, para lo cual se requieren sistemas agroalimentarios tan eficientes como sea posible para ofrecer productos a los mejores precios. En otras palabras, la búsqueda de la eficiencia en el uso de los recursos y una mayor productividad sistémica se transforman en componentes importantes de la lucha contra la pobreza (Trigo et al. 2013).

Adicionalmente, la creciente participación de la región en el comercio internacional de alimentos y su importante papel como proveedor de alimentos en todo el mundo convierten al sector alimentario en un sector estratégico en los planos nacional e internacional; por lo tanto, el desarrollo de sistemas alimentarios eficientes y sostenibles tiene un valor no solo regional, sino también global.

El énfasis que los programas de investigación del CGIAR y los institutos nacionales pusieron hasta finales del siglo pasado en el desarrollo de tecnologías destinadas a aumentar el potencial productivo de especies seleccionadas fue la base de la Revolución Verde. Estas tecnologías, relativamente neutrales con respecto a la escala de producción, fueron adaptadas por un amplio espectro de productores, con el conocido impacto en la producción regional y mundial. Debido a razones de carácter político en el ámbito nacional y de reorientación del financiamiento internacional hacia investigaciones dirigidas a resolver el problema de la pobreza rural extrema por medio de la innovación tecnológica de la producción de los agricultores pobres, la adopción de dichas tecnologías ha mostrado un éxito parcial en los planos regional y global.

El problema que se quiere señalar no es tanto este éxito poco relevante, sino el efecto negativo generado en los programas regionales de investigación, ya que se distrajo la atención de los organismos de investigación en relación con las investigaciones dirigidas al desarrollo de innovaciones de punta, con potencial para aumentar de manera importante la eficiencia en la producción de alimentos. Como consecuencia de ello, la eficacia de dichos organismos se ha puesto en duda y los INIA y el CGIAR han perdido capacidad para incidir en el desarrollo tecnológico del sector agropecuario en su conjunto. La insistencia en

enfocar los esfuerzos de las instituciones de investigación en realidades socio-productivas, donde el impacto de la tecnología puede ser limitado, conduce a que estas sean percibidas como ineficaces en el cumplimiento de sus mandatos más amplios en torno al conjunto de los productores, así como a la pérdida del apoyo de los sectores agrarios económicamente más importantes y del poder político y el reconocimiento social de los que gozaban en el pasado.

Esta falta de reconocimiento social es una hipótesis explicativa de la persistente subinversión que ha afectado a las instituciones públicas de investigación en la mayoría de los países de ALC (véase el Anexo 1). Se trata de un círculo vicioso, donde la percepción de bajo impacto conduce a una subinversión que debilita las capacidades disponibles e incide negativamente en las posibilidades de impacto, alimentando la percepción de ineffectividad.

III.4 La seguridad alimentaria y las nuevas preocupaciones nutricionales y ambientales

Lograr la seguridad alimentaria en los países y el mundo es la finalidad principal de los sistemas alimentarios, en función de la cual el aumento en su productividad y producción debe ser uno de los objetivos principales del desarrollo tecnológico; No obstante, más recientemente y en parte a raíz de la incorporación del concepto de sistemas alimentarios, han surgido nuevas preocupaciones y necesidades que deben ser incorporadas plenamente en la definición de los objetivos de la I+D tecnológica. A fin de responder a ellas ya no alcanza con tener como objetivo central o único el aumentar la productividad. Es necesario incluir como objetivos adicionales de las investigaciones las preocupaciones relacionadas al medio ambiente, la nutrición y la salud de los consumidores y se deben tener en cuenta tanto las sinergias como los trade-offs que puedan existir entre todos estos objetivos.¹⁰; Dos de ellas, la calidad nutricional de los alimentos, y las preocupaciones ambientales son de particular importancia

Las preocupaciones vinculadas a la nutrición y la salud humana se enfocan en la obesidad, las enfermedades cardíacas y la diabetes, entre otras enfermedades que guardan relación con deficiencias nutricionales o características cualitativas asociadas a las dietas predominantes en buena parte del mundo urbano (FAO et al. 2022).

La importancia y la dinámica de estas tendencias fueron señaladas en la Cumbre de las Naciones Unidas sobre los Sistemas Alimentarios, celebrada en Nueva York en 2021. Durante dicha reunión quedó claramente acordado e institucionalizado que la cuestión alimentaria se debe abordar a través del concepto de sistemas alimentarios, según el cual la agricultura constituye un componente central del sistema, pero no el único, al cual no se le puede mirar en forma independiente del resto de los componentes¹¹.

¿Cuáles son las consecuencias para la investigación y la transferencia de tecnología de esta nueva forma de conceptualizar los problemas alimentarios y, en particular, la producción agropecuaria? En primer lugar, una mayor diversificación y diferenciación de los alimentos significa que, en muchos casos, la búsqueda de mayores rendimientos, el aumento de la

¹⁰ Para discutir este tema véase Piñeiro et al. 2021.

¹¹ Véase Piñeiro et al. 2021.

productividad y la reducción de los costos dejan de ser el objetivo único de la innovación tecnológica. Otros temas relacionados con la calidad nutricional y las posibilidades de conservación o procesamiento industrial de los productos se convierten en objetivos relevantes.

Estos cambios en las necesidades de la producción requieren modificaciones en las agendas de investigación. Por de pronto las demandas tecnológicas ya no están circunscritas a las necesidades de la agricultura y sus productos. Es necesario reconocer e incorporar el creciente peso de los productos procesados en el consumo y, consecuentemente, las necesidades específicas en términos de innovación tecnológica.

Un tema que ha adquirido especial importancia es el alto valor calórico que presentan las dietas modernas basadas en productos ultraprocesados, difundidas de manera extensa en muchos países de la región, incluidas algunas de menor desarrollo relativo. Estas tendencias sugieren la conveniencia de desarrollar dietas más saludables que incluyan una mayor proporción de frutas y hortalizas, pescados, lácteos y proteínas; sin embargo, en 2015 solo el 55 % de la población global tenía acceso a ellas (Mason-D'Croz et al. 2019) y, aunque en América Latina la situación es un poco mejor, aún resulta deficiente. Enfrentar estas situaciones supone impulsar cambios en las preferencias de los consumidores hacia dietas saludables y adecuar la industria alimentaria para responder a estas potenciales demandas^{12, 13}. Las dietas saludables tienden hacia un mayor consumo de productos frescos con escaso procesamiento, por lo que, en general, se requieren tecnologías para mantener esa frescura o para generar productos frescos precocidos en cuya preparación se ahorre tiempo y se conserven sus nutrientes básicos.

Otras preocupaciones emergentes son las relativas al cambio climático, la conservación de los recursos naturales agrícolas y la biodiversidad, que se han incorporado como temas centrales en las agendas internacional y regional como resultado de evidencias

¹² Según FAO et al. (2022), las dietas saludables son aquellas que: 1) comienzan en los primeros años de vida con la iniciación temprana de la lactancia materna, la lactancia materna exclusiva hasta los seis meses de edad y la que continúa hasta los dos años o más, combinada con una alimentación complementaria adecuada; 2) se basan en una gran variedad de alimentos no procesados o mínimamente procesados, que representan de forma balanceada todos los grupos de alimentos, con restricciones en cuanto a comidas y bebidas altamente procesadas; 3) incluyen cereales integrales, legumbres y nueces, así como frutas y hortalizas variadas en abundancia; 4) pueden incluir huevos, productos lácteos, aves y pescados en cantidades moderadas, así como carnes rojas en pequeñas porciones; 5) incluyen agua potable limpia y segura como líquido de preferencia; 6) son adecuadas, es decir, satisfacen pero no exceden las necesidades de energía y nutrientes para el crecimiento y el desarrollo, cubriendo los requerimientos para una vida activa y saludable a lo largo del ciclo de vida; 7) son coherentes con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) dirigidas a reducir los riesgos de enfermedades no transmisibles (ENT) relacionadas con la alimentación y a asegurar la salud y el bienestar de la población; y 8) contienen niveles mínimos (o de ser posible ningún contenido) de patógenos, toxinas o cualquier otro agente que pueda causar enfermedades transmitidas por los alimentos. De acuerdo con la OMS, las dietas saludables incluyen menos del 30 % del aporte energético total procedente de las grasas, con un cambio en el consumo de estas que se aleja de las grasas saturadas y se orienta a las grasas insaturadas y la eliminación de las grasas trans industriales; menos del 10 % del aporte energético total procedente de azúcares libres (preferiblemente menos del 5 %); un consumo de al menos 400 g de frutas y hortalizas al día y no más de 5 g diarios de sal (que debe ser yodada).

¹³ De acuerdo con la escasa información disponible sobre el peso de las frutas y hortalizas en las agendas de I+D, son muy pocos los recursos destinados a este tipo de sistemas productivos.

incontrastables de que los senderos de organización económica y social seguidos en las últimas décadas se están volviendo insostenibles.

La sostenibilidad ambiental y el cambio climático han ganado relevancia entre las preocupaciones de la comunidad internacional, debido a las pruebas del impacto del incremento en la temperatura promedio, que muestran la urgencia de acelerar la acción climática para aumentar la resiliencia y promover la transformación hacia una economía baja en emisiones. La magnitud de las interacciones entre los temas asociados a los recursos naturales, el ambiente y el clima y la agricultura y los sistemas alimentarios hace que estos aspectos estén presentes en el ámbito de las negociaciones climáticas. La creciente profundización de los vínculos entre la agricultura y los sistemas alimentarios y las cuestiones ambientales y el cambio climático se retoma como elemento central en el diseño y la implementación de la agenda de la Cumbre de las Naciones Unidas sobre los Sistemas Alimentarios, así como en la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en sus vigésima sexta y vigésima séptima ediciones (COP 26 y COP 27).

Este contexto transforma significativamente las bases conceptuales de los objetivos seguidos por el sistema institucional actual, construido sobre un enfoque casi excluyente de crecimiento de la productividad para enfrentar los problemas de la seguridad alimentaria global. No se trata de que la seguridad alimentaria haya dejado de ser una prioridad, ni de que la productividad no constituya un factor imprescindible para hacer frente a los desafíos de la época. El cambio surge de la necesidad de que una mayor productividad debe ir acompañada de la utilización sostenible de los recursos productivos y contribuir a reducir el impacto de la actividad agropecuaria en el cambio climático.

La cuestión climática se debe considerar a partir de la contribución del sector agropecuario a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), así como de los temas vinculados a la adaptación y la resiliencia. La intensificación sostenible, apoyada por un gran esfuerzo en materia de ciencia y tecnología, puede ayudar al sector agropecuario a cumplir la triple función de: a) reducir las emisiones de GEI en la producción agrícola y ganadera, mediante prácticas climáticamente inteligentes; b) capturar más CO₂ por medio de una gestión eficiente de la agricultura y el paisaje; y c) lograr una mayor adaptación y resiliencia ante condiciones climáticas y meteorológicas adversas, para lo cual es necesario ajustar las tecnologías y estrategias agroecológicas (Echeverría 2021).

III.5 Los nuevos escenarios de la ciencia y la tecnología y los nuevos actores institucionales

La ciencia y la tecnología constituyen una de las principales fuentes de desarrollo. Son cada vez más un fenómeno global en el que los conocimientos, el descubrimiento científico y sus distintas formas de aplicación trascienden las fronteras de los países, algunas veces a través de instrumentos propios de la comunidad científica, como las publicaciones y conferencias, y otras con la activa participación de organizaciones internacionales como el CGIAR, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el IICA. Esta transnacionalización de las innovaciones tecnológicas es particularmente cierta en el caso de los bienes públicos, que son, por su propia naturaleza, bienes

internacionales que se mueven a lo largo de las fronteras; no obstante, estos procesos de transnacionalización también ocurren mediante medios privados como la venta de patentes, la cesión de uso con o sin retribuciones económicas, alianzas productivas, la venta de insumos tecnológicos y la inversión en nuevos bienes de capital.

Los bienes públicos internacionales requeridos para el buen funcionamiento de los sistemas agroalimentarios son cada vez más complejos, tanto desde el punto de vista de la complejidad de la ciencia involucrada, como de la naturaleza misma de las tecnologías resultantes. En este sentido, los avances en la biología, las tecnologías de la información y comunicación, la nanotecnología, la robótica y las ingenierías se han convertido en áreas dominantes de la innovación y están generando avances significativos para todos los sectores de la economía, incluidos los sistemas alimentarios. En lo que respecta a la agricultura y la alimentación, los avances de la denominada “nueva biología” han logrado que la investigación y el desarrollo cuenten con procesos más precisos y confiables, aplicables a prácticamente todos los campos de la actividad agroalimentaria, lo que ha permitido generar un mayor entendimiento de los recursos naturales y los ecosistemas y enfrentar problemas que, hasta ahora, eran considerados de difícil o imposible resolución. Esto es de indudable valor, ya que permite, por una parte, plantear un nuevo equilibrio entre la producción, la productividad y la sostenibilidad en la agricultura, mejorar el manejo de los riesgos sanitarios y promover una mejor integración de la producción primaria con otras etapas del proceso productivo. Estas tecnologías presentan tres características importantes que deben tomarse en cuenta en el diseño y funcionamiento de las instituciones de I+D y las políticas públicas que afectan al ecosistema innovativo en el sector agroalimentario.

En primer lugar, las nuevas tecnologías están asociadas a un impacto mucho más amplio que incluye las actividades agropecuarias, pero también otras dimensiones que definen el medio rural. La conectividad y la disponibilidad de dispositivos móviles (bases de la nueva economía digital), por medio de la reducción de los altos costos de transacción relativos al medio rural, contribuyen a moderar las limitaciones generadas por las distancias, con lo que facilitan la dinámica de los asentamientos poblacionales y podrían reducir la brecha entre territorios en cuanto a calidad de vida y las posibilidades de progreso económico y social.

Por otra parte, el grueso de las tecnologías involucradas replantea no solo lo que se hace, sino también cómo, cuándo y con quién se realizan los procesos innovativos. En este sentido, deben considerarse las nuevas formas de organización de la producción agropecuaria y sus encadenamientos con el resto de los sectores económicos, así como la naturaleza de los procesos y la propia forma de “hacer ciencia”. No solo cambia la “función de producción” (las relaciones insumo-producto y las formas de uso-aplicación), sino también las disciplinas participantes, así como los marcos institucionales necesarios.

Por último, la dominancia de estas nuevas tecnologías afecta de manera directa a las instituciones de investigación y sus formas organizativas en términos de dos cuestiones principales. Por un lado, las disciplinas involucradas y, por lo tanto, las fuentes de información utilizadas y los recursos humanos requeridos son significativamente diferentes de los que constituyen la base científico-disciplinaria de la investigación agroalimentaria

clásica. Por otro lado, con el advenimiento de las nuevas biotecnologías, la distinción tradicional entre la ciencia pura y la aplicada tiende a desdibujarse y, con frecuencia, las aplicaciones comerciales emergen directamente de la investigación “básica”, lo que obliga a una redefinición del énfasis entre el trabajo de laboratorio y el de campo y el desarrollo de los esquemas para el monitoreo de los procesos de investigación, con el fin de que no se pierdan de vista las consideraciones comerciales involucradas. Asimismo, aparecen cuestiones regulatorias, en particular en términos de bioseguridad, como determinantes en el proceso innovativo, por lo que deben ser consideradas de manera integrada en la propia I+D¹⁴.

En este nuevo ecosistema innovativo se requieren cambios básicos en los procesos de desarrollo de los recursos humanos y en la naturaleza de los vínculos científicos y de información de los cuales dependen los institutos de investigación. En este contexto, el establecimiento de relaciones más estrechas y cooperativas con los centros disciplinarios y de investigación biotecnológica adquiere un significado especial en las universidades, los institutos públicos de investigación y la industria en los ámbitos nacional e internacional. En la práctica se ha vuelto imposible avanzar en términos del aislamiento que suele existir entre las instituciones tecnológicas y los centros de investigación científica.

Estas nuevas condiciones coexisten junto con un creciente corrimiento del espacio tecnológico hacia el espacio privado, que altera la predominancia de lo público durante el ciclo anterior. Una gran proporción de las nuevas tecnologías surgidas de la aplicación de la biotecnología, la informática y la robótica es apropiable, lo que ha redefinido también el carácter público-privado de muchas áreas de investigación y ha sentado las bases para una activa participación del sector privado en el financiamiento y desarrollo de estas.

Estas relaciones, que constituyen un aspecto central para el efectivo aprovechamiento del potencial de estas nuevas tecnologías, depende de las capacidades productivas disponibles para producir a escala comercial los nuevos insumos resultantes de los procesos de I+D. Por otra parte, el acceso y la puesta a punto de las nuevas tecnologías y su ampliación a la producción de bienes dependen, en la mayoría de los casos, de complejos mecanismos de protección de la propiedad intelectual o de bioseguridad, con largos procesos de aprobación por parte de los entes regulatorios, los cuales requieren inversiones de cierta magnitud y riesgo.

¹⁴ Este es un tema en el que las instituciones públicas pueden hacer contribuciones sustantivas, no solo en cuanto a la generación de la información requerida para acelerar estos procesos, sino también a bajar los costos de transacción a través del desarrollo de enfoques comunes en el plano subregional (Adenle et al. 2018).

IV. Reflexiones sobre las prioridades de investigación, el sistema institucional y las políticas públicas de ciencia y tecnología en los sistemas agroalimentarios

Los argumentos desarrollados en las secciones anteriores sugieren cuatro conclusiones interpretativas centrales:

- Primero, que los éxitos parciales pero sustantivos alcanzados por el sistema de ciencia y tecnología en América Latina, especialmente en las últimas dos décadas del siglo pasado, se debieron a una serie de condiciones en los ámbitos científico, productivo y político en ciertas situaciones productivas particulares que permitieron el establecimiento de instituciones y el desarrollo de actividades científico-técnicas innovativas y adecuadas a las necesidades del sistema productivo. Estas actividades tuvieron un efecto positivo en la productividad de una parte significativa de la agricultura de América Latina.
- Segundo, que el favorable “alineamiento de los astros”, logrado en relación con los objetivos buscados, el marco institucional nacional e internacional y la unión de intereses económicos y políticos, ya no está presente como consecuencia de cambios en los contextos global y regional y en la propia estructura del sistema agroalimentario, que generan nuevas preocupaciones, necesidades y situaciones de producción.
- Tercero, que han ocurrido cambios sustantivos en la estructura y el funcionamiento de los sistemas alimentarios actuales. Este nuevo contexto altera de manera significativa la inserción de la agricultura, lo que genera nuevas preocupaciones vinculadas a cuestiones ambientales y nutricionales que requieren nuevos enfoques tecnológicos y productivos.
- Finalmente, que los cambios sucedidos en el ámbito de la ciencia y la tecnología y la creciente complejización de los actores que participan en estas actividades, incluida la creciente importancia del sector privado, requieren nuevas formas de organización y de políticas públicas para orientar y promover un adecuado proceso innovativo.

Estas cuatro conclusiones interpretativas sugieren la necesidad de generar propuestas alrededor de los siguientes tres grandes desafíos:

a) Definir y priorizar los bienes públicos tecnológicos por desarrollar en función de las nuevas condiciones de los sistemas alimentarios y las consecuentes nuevas preocupaciones y necesidades;

b) Proponer nuevas formas de organización institucional en el sistema público nacional e internacional que tomen en cuenta la multiplicidad de los nuevos actores y la necesidad de obtener un financiamiento mayor y más estable, así como de lograr una eficaz cooperación internacional; y

c) Establecer un marco de políticas públicas para promover el desarrollo científico y la innovación tecnológica en los sistemas agroalimentarios, de conformidad con los objetivos de desarrollo buscados y tomando en cuenta la creciente participación del sector privado en estos procesos.

Todo esto requerirá la conformación de alianzas y acuerdos políticos en apoyo a una nueva etapa de éxitos del sistema de ciencia tecnología e innovación en los sistemas alimentarios de ALC. En la siguiente sección se adelantan algunas ideas tentativas sobre los tres grandes desafíos identificados.

IV.1 Las prioridades de investigación: los bienes públicos en el contexto de los sistemas alimentarios y las nuevas preocupaciones internacionales

Los bienes públicos tradicionalmente asociados a la investigación agropecuaria han sido los distintos adelantos científicos que fueron la base de sucesivos avances en el mejoramiento genético y en las principales prácticas agronómicas que los acompañaron. Dichos mejoramientos genéticos, centrados en aumentar la producción y la productividad de los principales cultivos de la alimentación humana y animal, constituyeron el fundamento de la Revolución Verde, sobre la cual se cimentaron los principales éxitos logrados por los centros de investigación que integran el CGIAR, en colaboración con los INIA. Cabe notar que la mayoría de dichos bienes fueron bienes públicos internacionales generados a partir del esfuerzo complementario y muchas veces de cooperación de instituciones de investigación, sobre todo de los países desarrollados, de instituciones públicas internacionales como el CGIAR e instituciones públicas nacionales como los INIA.

A partir de estos éxitos logrados principalmente como resultado de las contribuciones realizadas por instituciones del sector público, las transformaciones productivas y tecnológicas permitieron una creciente participación del sector privado en el desarrollo y la difusión de tecnologías que generaban beneficios apropiables en el plano privado mediante los mecanismos del mercado.

Ahora, en el marco conceptual de los sistemas agroalimentarios y de las nuevas preocupaciones vinculadas de modo principal a cuestiones nutricionales y ambientales, una buena parte de los beneficios generados por medio de las tecnologías requeridas no serán, al menos por un tiempo, apropiables de manera privada. Por lo tanto, de nuevo es necesario que el sector público desempeñe un papel primario en la producción de una nueva familia de bienes públicos requeridos para el desarrollo sostenible de los nuevos sistemas alimentarios. Aquí se mencionan, a modo de ejemplo, tres clases de bienes públicos importantes en la etapa actual del desarrollo de los sistemas alimentarios, a fin de generar una discusión que lleve a propuestas adicionales sobre otros bienes públicos igualmente necesarios e importantes.

Primero, conocimientos científicos requeridos para el mejoramiento genético de los principales cultivos, cuyo desarrollo incluya el objetivo de aumentar la productividad, junto con otros objetivos relativos a la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales, así como a las características nutricionales de los alimentos, especialmente de los procesados. Ejemplos de objetivos específicos son: a) desarrollar especies y variedades de plantas más eficientes en términos del uso del agua y más resistentes a la sequía; b) utilizar plantas y prácticas agronómicas que emitan menos carbono; c) adoptar prácticas agronómicas dirigidas a conservar la biodiversidad; y d) emplear plantas más eficientes en el aprovechamiento de la energía solar. Estos ejemplos de bienes públicos constituyen

ahora complementos de las innovaciones que permitieron la creación de variedades más productivas de trigo, maíz y arroz que sustentaron la Revolución Verde.

Este mejoramiento genético debería extenderse a otras especies con potencial productivo y valor alimentario. Un ejemplo paradigmático de estas son algunas especies de leguminosas que, si bien ya generan una producción y un consumo importante, como los porotos, los garbanzos y las lentejas, su proporción en la dieta global se podría aumentar sustancialmente, a fin de aportar proteínas necesarias en la dieta de buena parte de la población mundial.

Adicionalmente, la agricultura tropical, que es muy significativa en la Región, debería recibir una alta prioridad. Dos argumentos sustentan esta propuesta. **Primero**, porque a nivel mundial hay menos desarrollos científicos y tecnológicos útiles para las producciones tropicales. Segundo porque los desafíos tecnológicos en estas agriculturas son más complejos y diversos, especialmente en relación con las preocupaciones ambientales. **Segundo**, una proporción alta y creciente de los alimentos consumidos por la población mundial presenta algún grado de procesamiento. Entre ellos, los alimentos ultraprocesados se asocian a problemas para la salud humana, como la obesidad y la diabetes, entre algunos otros padecimientos. Por consiguiente, se deben generar conocimientos científicos y tecnológicos que faciliten y fomenten la producción de alimentos procesados más sanos y de bajo costo. Para lograr esto se requieren investigaciones básicas en materia de nutrición y salud desarrollados por instituciones públicas y que sean bienes públicos internacionales. Esta base de conocimientos tecnológicos facilitara el desarrollo de productos alimentarios de calidad nutricional adecuada, tarea que debe ser realizadas por empresas del sector privado.

Tercero, la digitalización, la robótica y la informática tienen un impacto transformador de enorme importancia en algunas industrias como las vinculadas a la defensa nacional. Estas tecnologías comienzan a ser utilizadas en la producción de alimentos, pero con un considerable retraso con respecto a otras industrias. Avanzar en el desarrollo de estas tecnologías, particularmente en sus aplicaciones en el sistema alimentario, requiere una mayor atención por parte de las instituciones públicas con respecto a la integración de las nuevas tecnologías digitales en las prácticas de manejo y la capacitación para su aprovechamiento, así como de mecanismos organizativos y financieros para fortalecer el papel del sector privado en su difusión.

IV.2 El fortalecimiento de la arquitectura institucional: la necesidad de gestionar una creciente complejidad

El primer elemento por considerar es que se debe fortalecer la internacionalización de los procesos de desarrollo de nuevas tecnologías y, consecuentemente, la arquitectura institucional de la ciencia y la tecnología, es decir, las conexiones institucionales y científicas con el resto del mundo, incluidas las universidades y otras instituciones científicas dentro y fuera de la región y, muy especialmente, reforzar los vínculos y el trabajo conjunto con los organismos internacionales, en cuyo mandato se incluye el desarrollo tecnológico (el CGIAR, la FAO, el IICA, el CIRAD, etc.). Esto es necesario por dos razones interconectadas. **La primera** es que la complejidad de los temas involucrados hace

imposible que cada uno de los países de ALC desarrolle una base científica con las suficientes dimensión y sofisticación para funcionar de manera autónoma y eficiente¹⁵. **La segunda** es que, dado que la estructura productiva de las primeras etapas de la producción de alimentos está dominada por empresas de pequeña escala y que estas están dispersas en el espacio rural, una parte muy sustancial de las innovaciones tecnológicas requeridas en estos sistemas alimentarios son bienes públicos y estos bienes son, por su naturaleza, bienes públicos internacionales que se mueven a través de las fronteras.

El segundo elemento se refiere a la arquitectura institucional necesaria en cada uno de los países de la región. Un análisis de las principales instituciones del sistema público nacional sugiere que en la mayoría de estos países predomina el modelo de los INIA. Estas instituciones fueron exitosas y respaldaron la evolución de la agricultura y los sistemas agroalimentarios de ALC durante la etapa de la Revolución Verde, como lo indican las cifras presentadas en la primera sección. El cambio de contexto y los nuevos problemas que hoy afectan a los sistemas alimentarios requieren una transición conceptual hacia enfoques más amplios que incorporen plenamente los conceptos de sistemas alimentarios y bioeconomía y que aprovechen en su totalidad las grandes oportunidades implícitas en los escenarios científico-tecnológicos de esta época, lo cual demanda de manera creciente enfoques interdisciplinarios e incluso transdisciplinarios (Chavarría et al. 2019).

En el pasado la escasez de recursos humanos con un adecuado nivel de capacitación puede haber justificado el mantenimiento de esquemas sectoriales y con cierto grado de centralización; sin embargo, aunque algunos de estos problemas aún subsisten, los avances en los campos de la informática y las comunicaciones (TIC) relativizan los costos que pueden originarse en una mayor descentralización. Al mismo tiempo, la creciente interrelación entre lo agroalimentario y lo agroindustrial hace imprescindible que la visión de cada uno de estos segmentos se incorpore plenamente a las distintas instancias de orientación e implementación de las políticas institucionales.

Las tendencias analizadas en las secciones precedentes indican que, en el futuro, los sistemas tecnológicos agroalimentarios y agroindustriales enfrentarán demandas mucho más complejas y diferenciadas que en el pasado y deberán interactuar con una mayor diversidad de instituciones del sistema científico-tecnológico nacional e internacional en la búsqueda de respuestas a esas demandas, atendiendo a la diversidad geográfica/agroecológica, un tema que en general no ha sido considerado adecuadamente

¹⁶

¹⁵ Para discutir este tema véase el anexo 2.

¹⁶ El caso de la EMBRAPA es un buen ejemplo de esta situación. A pesar de cubrir todo el territorio brasileño, de cumplir responsabilidades en las áreas agropecuaria y forestal y de tener 38 centros y estaciones experimentales, funciona sobre la base de una planificación centralizada y, en los ámbitos regional y de los estados, cuenta solo con consejos asesores que desempeñan un papel relativamente menor dentro de la orientación y gestión de la institución. Lo mismo se puede decir de la mayoría de las restantes instituciones de investigación de la región. En este sentido, solo el INTA de Argentina se diferencia, ya que desde mediados de la década pasada está implementando un programa de descentralización que contempla el establecimiento de consejos regionales en los distintos centros de investigación, integrados por representantes de las entidades agropecuarias, la comunidad científica y el sector político provincial, con participación efectiva en la orientación y asignación de los recursos institucionales.

En el espacio de las capacidades científicas y tecnológicas también ha crecido el número de instituciones que cuentan con capacidades y, en muchos casos, mandatos para dar respuesta a los problemas que se enfrentan. Las universidades, distintos tipos de centros especializados y las organizaciones no gubernamentales (ONG), entre otro tipo de iniciativas, constituyen en la actualidad una importante diversidad de capacidades que, en muchos casos, están subutilizadas desde el punto de vista del apoyo al desarrollo tecnológico y la innovación. El desafío es, entonces, definir cómo movilizar coordinadamente las capacidades de estos distintos ámbitos institucionales.

En este sentido, la gobernanza institucional y operativa resulta esencial para responder de manera efectiva a esta creciente diversidad. **Un primer nivel** de trabajo tiene que ver con la revisión de la estructura de los órganos de gobierno de las instituciones, para que estos reflejen más adecuadamente la diversidad de sectores e intereses que hoy interactúan en el desarrollo de la innovación tecnológica. **Un segundo aspecto** que, aunque está relacionado, debe ser conceptualizado de manera independiente del anterior, se refiere al desarrollo de capacidades y mecanismos de programación para contribuir a la correcta identificación de los nuevos bienes públicos prioritarios en los planes de investigación. **Una tercera dimensión** es la necesidad de formular políticas de descentralización, que transfieran a las regiones o localidades no solo incumbencias respecto de la gestión operativa de las actividades de investigación, sino también parte de los procesos de toma de decisiones relativos a la asignación de recursos a ciertos tipos de proyectos de orden local o regional, así como a ciertas políticas institucionales como las de vinculación tecnológica y algunos componentes del manejo de los recursos humanos.

El tercer elemento es la creciente importancia de los actores no públicos, que obliga a lograr nuevos equilibrios público-privados. Si bien el sector público ha constituido en la práctica el núcleo central y pivote de los sistemas nacionales de generación y transferencia de tecnología, tal como se señaló anteriormente, las prioridades de investigación han cambiado y el fortalecimiento del sector privado, en particular en la investigación aplicada y la difusión, ha modificado las funciones prioritarias del sector público.

En términos generales, el papel de las instituciones públicas debe evolucionar hacia una mayor concentración en el desarrollo y mantenimiento de ciertas capacidades estratégicas y en el desarrollo de bienes públicos, así como hacia una menor participación directa en las actividades de desarrollo de tecnologías específicas y su difusión, en las cuales existe una creciente participación y liderazgo del sector privado¹⁷. En este sentido, se debe evolucionar hacia mecanismos operativos ágiles, en los que la interacción público-privada sea la norma y no la excepción.

El cuarto elemento es el sostenimiento de una nueva estructura institucional enfocada en la innovación tecnológica, que requiere el fortalecimiento del financiamiento institucional (financiamiento básico) y nuevas formas de financiamiento. En este contexto, es necesario examinar tres temas: a) los niveles de inversión en las instituciones nacionales e

¹⁷ Por supuesto, conociendo que, en algunos casos, el sector público tendrá que mantener alguna responsabilidad en áreas de claro contenido social en relación con la agricultura familiar o tecnologías para producciones regionales.

internacionales que trabajan en la región, b) los mecanismos mediante los cuales se canalizan las inversiones a dichas instituciones y las actividades prioritarias en particular y c) el financiamiento (niveles y formas) dirigido a la vinculación y el trabajo conjunto con entidades internacionales y con las entidades de investigación de los países extrarregionales. Este financiamiento es particularmente importante en términos de las instituciones internacionales que apoyan el desarrollo y la difusión de bienes públicos internacionales y que trabajan en estrecha cooperación con las entidades nacionales (el CGIAR, la FAO, el IICA, etc.). Aunque los tres temas están interrelacionados, deben ser tratados de modo independiente.

En relación con los mecanismos de financiamiento, los fondos gubernamentales de carácter institucional (financiamiento básico) son esenciales para el desarrollo y mantenimiento de las capacidades estratégicas de las instituciones de investigación. Constituyen la principal fuente de financiamiento para la investigación científica de largo plazo, necesaria para crear tecnologías disruptivas de alto impacto. En cierta forma, muchos de los problemas actuales de los centros internacionales del CGIAR y de los principales INIA de la región se deben a la reducción de ese tipo de financiamiento que han experimentado durante las últimas dos décadas.

Por otra parte, frente a los escenarios de alta diversidad institucional y de los cambios en la naturaleza público-privada de las tecnologías, resulta necesario también encontrar nuevos mecanismos e instrumentos de financiamiento más ágiles y focalizados que permitan: 1) integrar recursos y capacidades de distintas instituciones en función de problemas prioritarios, 2) promover y facilitar una mayor participación del sector privado en el financiamiento de las actividades de I+D y 3) vincular los circuitos de financiamiento a grupos de actores y no únicamente a actores individuales.

Un quinto elemento es la necesaria revitalización de los esquemas de cooperación internacional. Tal como se indicó antes, se debe internacionalizar las actividades de investigación y desarrollo y asegurar que las actividades cooperativas continúen siendo un elemento importante en el desarrollo de la investigación agroalimentaria de la región. Esta cooperación, que ha sido significativa desde sus inicios, se menciona con frecuencia como una de las fortalezas de América Latina y uno de los éxitos logrados en el campo del desarrollo tecnológico de la región, tanto en lo que se refiere a cultivos como al manejo de los recursos naturales (Echeverría y Trigo 2008). Aun en la actualidad, en algunas regiones como la de América Central, los esquemas de cooperación internacional, incluido muy especialmente el CGIAR, continúan representando la base de las capacidades en materia de investigación para el desarrollo tecnológico en la agricultura (al respecto, véase <http://www.sicta.ws>); En este contexto, es necesario revisar los actuales mecanismos de cooperación, a fin de adecuarlos a las condiciones particulares de esta época, debido principalmente a la importancia que estos revisten para los países de menor tamaño relativo, que han enfrentado siempre problemas para adquirir las capacidades requeridas para el desarrollo tecnológico de su agricultura, lo cual, lejos de haber disminuido en la actualidad, tiende a convertirse en una limitación aún más severa a raíz de las importantes brechas presentes en aspectos como los recursos humanos para la investigación y los

requisitos de inversión de algunas de las nuevas áreas, como la biotecnología (véase el anexo 2).

En esta tarea algunos aspectos de la realidad actual se pueden rescatar como punto de partida para una nueva generación de instrumentos de cooperación. Existen numerosas experiencias exitosas que podrían multiplicarse en la actualidad utilizando las capacidades sustantivas que varios países han desarrollado para abordar prácticamente todos los temas de la agenda. Estos dos aspectos abren un amplio abanico de oportunidades que debería ser explorado y aprovechado¹⁸. En este sentido, algunas acciones que deberían impulsarse como punto de partida para una revitalización de la cooperación internacional deberían incluir 1) una recopilación de buenas prácticas de cooperación, que incluya la documentación de las experiencias, bajo la perspectiva de cómo se pueden aprovechar a la luz de los desafíos actuales; 2) un avance en la revisión de las estructuras disponibles para su modernización y focalización, con la posibilidad de crear plataformas tecnológicas y de innovación en temas específicos relativos a los nuevos escenarios de la ciencia y la tecnología; y 3) una evaluación para saber cómo vincular con más eficacia al sector privado (comercial y filantrópico) a los esfuerzos de cooperación, a fin de reconocer el papel que desempeña en la actualidad y aprovechar su potencial en cuanto al sostenimiento de las actividades.

Los centros del CGIAR también deben ser reevaluados en cuanto a sus funciones particulares y la forma de relacionarse con las entidades nacionales. De acuerdo con la experiencia exitosa de la Revolución Verde, la función principal de los centros del CGIAR es utilizar los conocimientos de punta disponibles en los centros de investigación más avanzados del mundo para producir los nuevos bienes públicos internacionales a los cuales nos hemos referido anteriormente. En este enfoque, la función principal del CGIAR debería ser producir innovaciones de amplio espectro en forma de bienes públicos internacionales que podrán ser adaptados a condiciones particulares por los demás actores del sistema que cuentan con el despliegue territorial requerido, tales como los INIA e incluso el sector privado local.

IV.3 Las políticas públicas en apoyo a la innovación tecnológica

El desarrollo y el eficiente funcionamiento de los procesos innovativos en los sistemas agroalimentarios requieren un conjunto de políticas públicas para promover de forma conjunta la innovación tecnológica y la modernización del sistema productivo. En este sentido, existen tres tipos de políticas públicas que tienen especial importancia: a) las que apoyan la creación y difusión del conocimiento y, en particular, el desarrollo de las tecnologías que son bienes públicos; b) las que influyen en el ecosistema institucional y económico dentro del cual la actividad privada contribuye al desarrollo de innovaciones de

¹⁸ Las experiencias de la EMBRAPA de Brasil, que está desarrollando una iniciativa similar a su Mercado de Innovación Agrícola África-Brasil (www.africa-brazil.org) para los países de ALC; del INTA de Argentina, en relación con Haití y los países centroamericanos (al respecto, véase <http://inta.gob.ar/documentos/horizonte-agropecuario-no85/>) y algunas de las actividades del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), también dirigidas a los países de Centroamérica, son ejemplos de iniciativas en desarrollo que podrían servir de base para futuras ampliaciones.

carácter apropiable; y c) las que impulsan a las empresas productoras a modernizar los procesos productivos con la incorporación permanente de las innovaciones disponibles.

En el caso del sistema agroalimentario, **las políticas públicas que apoyan la creación y difusión del conocimiento** son muy relevantes, ya que una parte sustancial de las innovaciones tecnológicas aplicables al sector tienen el carácter de bien público. Esto es particularmente cierto en relación con las prácticas agronómicas que integran los objetivos de productividad y sostenibilidad ambiental; por lo tanto, la creación del conocimiento requiere la existencia de instituciones públicas y de financiamiento público. ALC ha efectuado un esfuerzo importante en torno a estas políticas; sin embargo, como ya se ha mencionado, se requiere actualizar y reformular el sistema institucional de sus objetivos y formas de financiamiento para adecuarlo a las nuevas necesidades.

Las políticas públicas que contribuyen a la creación de conocimiento por parte del sector privado son diversas. Las más importantes son aquellas que definen el marco legal que regula la apropiación de los beneficios derivados de las nuevas tecnologías por parte de las empresas que los producen. Un ejemplo de esto es la ley de semillas, en vigor en un número considerable de países. Una segunda categoría corresponde a los mecanismos institucionales impulsados desde el Estado para facilitar y promover el trabajo cooperativo entre instituciones públicas y entidades privadas y los mecanismos de financiamiento público desarrollados. En la región estas políticas se hallan muy dispersas, por lo que se debe evaluar cada caso en particular para proponer acciones concretas.

Finalmente, **las políticas públicas que promueven y facilitan la adopción tecnológica y la modernización del sistema productivo** son las que definen las oportunidades para obtener réditos económicos a partir de la producción alimentaria y, en particular, la adopción de tecnologías. Las principales son las que determinan el contexto económico donde se realizan las distintas actividades que integran el sistema alimentario, así como las oportunidades y los incentivos para el productor individual a fin de acumular el capital necesario para la innovación; no obstante, también se incluyen las políticas específicas de promoción o facilitación de la adopción de tecnologías, como las líneas de crédito subsidiado.

En los países de la región la aplicación de estas políticas es muy dispar y bastante aleatoria. Mientras que algunos promocionan y subsidian la producción agropecuaria, otros la castigan, eliminando oportunidades e incentivos para la modernización productiva en un rango que, según la estimación de apoyo total a la agricultura de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), va desde -26% para Argentina (el único país de la región en la muestra que presenta niveles de apoyo negativos) hasta +5% en el caso de México, que es el país de la región con más apoyo positivo (OCDE 2022).

V. Reflexiones finales: hacia una hoja de ruta para la transformación y el fortalecimiento de la innovación tecnológica en los sistemas alimentarios de la región

A lo largo del presente documento se presentaron y analizaron los principales hechos y tendencias que caracterizaron el desarrollo y desempeño del sistema de ciencia y técnica agropecuaria de la región correspondiente a los últimos cincuenta años. Además, se describió el enorme esfuerzo dirigido a crear una institucionalidad dedicada a la investigación, el desarrollo tecnológico y el respaldo a la innovación, así como el éxito alcanzado durante la primera fase de su desarrollo. También se mostró que el concepto de sistemas agroalimentarios y los cambios que están ocurriendo en el contexto internacional, especialmente en el ámbito de la ciencia y la tecnología, obligan a iniciar un proceso institucional y político cuyo fin es repensar las actuales prioridades de investigación, el sistema institucional público-privado que las sustenta y las políticas públicas que las viabilizan y que promueven su incorporación en el sistema productivo.

Iniciar este proceso y obtener resultados concretos no es una tarea fácil. Requiere no solo dilucidar una serie de cuestiones técnicas e institucionales para orientar las reformas y las nuevas políticas públicas que se aplican a los sistemas alimentarios de la región, sino también generar un ámbito de análisis y negociación para construir un consenso político entre los principales actores, a fin de que lideren e implementen conjuntamente estos procesos de transformación.

Se trata de una tarea compleja y de largo plazo, que requiere definir desde un principio dos temas principales: a) el grupo de actores que podría cumplir la función de formular las ideas y propuestas y lograr los consensos necesarios en el plano regional y b) el establecimiento de una hoja de ruta donde se describan las acciones por ejecutar en relación con los elementos conceptuales, los acuerdos institucionales y los tiempos requeridos para el desarrollo de cada una de estas acciones.

Proponer las pautas principales de la organización y el desarrollo de este proceso excede los objetivos de este trabajo; sin embargo, es evidente que el IICA, por su capacidad para organizar el diálogo y las acciones conjuntas entre los países de la región, así como los centros del CGIAR y los INIA, por ser los principales actores y responsables directos del desarrollo de las innovaciones tecnológicas necesarias para esta nueva etapa del desarrollo de los sistemas alimentarios de la región, deben tomar parte en dichas actividades. Ellos, junto con otras instituciones interesadas, podrían convocar a un proceso de diálogo, creación de consensos y diseño de una posible hoja de ruta que guíe las acciones que deberán desarrollarse en forma colectiva para lograr este gran objetivo de transformar y fortalecer los procesos de innovación tecnológica en la región.

Referencias bibliográficas y anexos

VI. Referencias bibliográficas

- Adenle, AA; Morris, EJ; Murphy, DJ; Phillips, PWB; Trigo, E; Kearns, P; Li, YH; Quemada, H; Falck-Zepeda, J; Komen, J. 2018. Rationalizing governance of genetically modified products in developing countries (en línea). *Nature Biotechnology* 36(2):137-139. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://www.nature.com/articles/nbt.4069> .
- Ardila, J. 2010. Extensión rural para el desarrollo de la agricultura y la seguridad alimentaria: aspectos conceptuales, situación y una visión de futuro (en línea). San José, Costa Rica, IICA. 127 p. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19501/BVE3204800009559e.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .
- Ardila, J; Saín, GE. 2009. Temas y oportunidades para la investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe (en línea). Montevideo, Uruguay, PROCISUR. 41 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_foro_ac1.pdf .
- ASTI (Indicadores de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Estados Unidos de América). 2021. Country benchmarking: Latin America and the Caribbean (en línea). Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://www.asti.cgiar.org/benchmarking/lac>.
- Berdegúe, JA; Escobar, G; Carney, D. 2001. Agricultural research, institutions and rural poverty alleviation. Santiago, Chile, RIMISP. 20 p.
- Berdegúe, JA; Fuentealba, R. 2011. Latin America: the state of smallholders in agriculture (en línea). *In* Conference on New Directions for Smallholder Agriculture (1, 2011, Roma, Italia). FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Italia). Memoria. Roma. Consultado 05-03-2023. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/265194221_Latin_America_The_State_of_Smallholders_in_Agriculture.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). 2022. CEPALSTAT: bases de datos y publicaciones estadísticas.
- CGIAR (Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional, Francia). 2011. A strategy and results framework for the CGIAR (en línea). 108 p. Consultado 19-02-2023. Disponible en http://www.cgiar.org/changemanagement/pdf/cgiar_srf_june7_2010.pdf.
- Chavarría, H; Pomareda, C; Ramos, A; Otero, M; Trigo, E; Villarreal, F. 2019. La agricultura y la ruralidad en un futuro de permanente cambio (en línea). Conferencia de Ministros de Agricultura de las Américas-Reunión Ordinaria de la Junta Interamericana de. Disponible 05-03-2023. en

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8607/BVE20017749e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Chavarría, H; Trigo, E; Pray, C; Smyth, SJ; Torroba, A; Wesseler, J; Zilberman, D; Martínez, JF. 2021. Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios (en línea). San José, Costa Rica, IICA. 47 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18564>.
- De Schoenmakere, M; Hoogeveen, Y; Gillabel, J; Manshoven, S. 2018. The circular economy and the bioeconomy: partners in sustainability (en línea). Luxemburgo, EEA. 61 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the_circular_economy_and_the_bioeconomy_-_partners_in_sustainabilitythal18009enn.pdf.
- Delgado, G; Gauna, D. 2021. La carne bovina como activo estratégico de los países del CAS y los desafíos que plantea la Cumbre sobre los Sistemas Alimentarios (en línea). CAS. 21 p. Disponible en <http://consejocas.org/wp-content/uploads/2021/07/Carne-bovina-como-activo-estrat%C3%A9gico-de-los-pa%C3%ADses-del-CAS-y-la-Cumbre-de-los-Sistemas-Alimentarios.pdf>.
- Díaz-Bonilla, E. 2019. América Latina y el Caribe en la economía verde y azul (en línea). Pensamiento Iberoamericano 7:94-105. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://issuu.com/segibpdf/docs/09-ed>.
- Díaz-Bonilla, E; Echeverría, RG. 2021. Duality, urbanization, and modernization of agrifood systems in Latin America and the Caribbean. In Keijiro, O; Shenggen, F (eds.). Agricultural development: new perspectives in a changing world. Washington D. C., Estados Unidos de América, IFPRI. p. 193-232. Consultado 05-03-2023.. Disponible en https://doi.org/10.2499/9780896293830_06.
- Díaz-Bonilla, E; Saini, E; Guy, H; Creamer, B; Trigo, E. 2014. Tendencias estratégicas mundiales e investigación y desarrollo agrícola en América Latina y el Caribe: un marco para análisis (en línea). Cali, Colombia, CIAT. 55 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/58315/TENDENCIAS_ESTRA_T%C3%89GICAS_MUNDIALES_%20E_ID_AGR%C3%8DCOLA_EN_ALC_lowres.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Echeverría, R. 2021. How to feed the world without starving the planet is a \$15 billion question (en línea). Inter-Press Service, Roma, Italia; 23 ago. Consultado 05-03-2023 Disponible en <http://www.ipsnews.net/2021/08/feed-world-without-starving-planet-15-billion-question/>.
- Echeverría, R; Trigo, E. 2008. Los retos de la investigación agroalimentaria en América Latina. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros (219):71-112.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Italia); OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza), PMA (Programa Mundial de Alimentos, Italia); UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Estados Unidos de América). 2021. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021: transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos (en línea). Roma, Italia, FAO. 231 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://doi.org/10.4060/cb4474es>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Italia); OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza), PMA (Programa Mundial de Alimentos, Italia); UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Estados Unidos de América). 2022. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022: adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles (en línea). Roma, Italia, FAO. 262 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/cc0639es/online/cc0639es.html>.
- Fuglie, K; Laborde, D.; Mamun, A.; Martin, W.; Piñeiro, V.; y Vos, R, Estimating the Impact of CGIAR Research and Development on Global Poverty. Forthcoming.
- FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Italia). 2011. Informe sobre la pobreza rural 2011: nuevas realidades, nuevos desafíos: nuevas oportunidades para la generación del mañana. Roma. 319 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en https://www.ifad.org/documents/38714170/39150184/Rural+Poverty+Report+2011_s.pdf/38d738ed-a005-42b8-ba40-5964a4009533.
- Gaulier, G; Zignago, S. 2009. BACI: International Trade Database at the product-level: the 1994-2007 versión (en línea). París, Francia, CEPII. 33 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/277098695_BACI_International_Trade_Database_at_the_Product-level/link/5788e26208ae7a588ee850ef/download.
- Mason-D’Croz, D; Bogard, JR; Sulser, TB; Cenacchi, N; Dunston, S; Herrero, M; Wiebe, K. 2019. Gaps between fruit and vegetable production, demand, and recommended consumption at global and national levels: an integrated modelling study (en línea). The Lancet Planetary Health 3(7):E318-E329. Consultado 05-03-2023. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30095-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30095-6).
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Francia). 2009. The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda (en línea). París. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://doi.org/10.1787/9789264056886-en>.

- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Francia). 2022. Agricultural policy monitoring and evaluation 2022: reforming agricultural policies for climate change mitigation (en línea). París. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://doi.org/10.1787/7f4542bf-en>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos de América). 2012. World urbanization prospects: the 2011 revision (en línea). Nueva York, DESA. Consultado 05-03-2023. Disponible en https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/WUP2011_Report.pdf.
- Piñeiro, M; Luiselli, C; Ramos, A; Trigo, E. 2021. El sistema alimentario global. Buenos Aires, Argentina, TESEO.
- Piñeiro, M; Trigo, E. 1983a. Procesos sociales e innovación tecnológica en la agricultura de América Latina. San José, Costa Rica, IICA.
- Piñeiro, M; Trigo, E (eds.). 1983b. Technical change and social conflict in agriculture: Latin American perspectives. Colorado, Estados Unidos de América, Westview.
- Reynolds, LG (ed.). 1975. Agriculture in development theory. Connecticut, Estados Unidos de América, Yale.
- Ruttan, VW. 1992. Challenges to agricultural research in the twenty-first century. *In* Sustainable development and the environment: perspectives on growth and constraints. Colorado, Estados Unidos de América, Westview.
- Schnepf, R. 2015. Farm-to-food price dynamics (en línea). Washington D. C., Estados Unidos de América, CRS. 38 p. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://sgp.fas.org/crs/misc/R40621.pdf>.
- Schultz, TW. 1964. Transforming traditional agriculture. Connecticut, Estados Unidos de América, Yale.
- Trigo E. 2012. Los nuevos escenarios para la institucionalidad de la investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe. Buenos Aires, Argentina.
- Trigo, E; Díaz-Bonilla, E. 2022. Los institutos de investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe: su rol en la transformación hacia sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles. San José, Costa Rica, IICA.
- Trigo, E; Elverdin, P. 2019. Los sistemas de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria de América Latina y el Caribe en el marco de los nuevos escenarios de ciencia y tecnología (en línea). Santiago, Chile, FAO. 18 p. (Serie 2030/Alimentación, Agricultura y Desarrollo Rural en América Latina y el Caribe, n. 19). Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/ca5124es/ca5124es.pdf>.

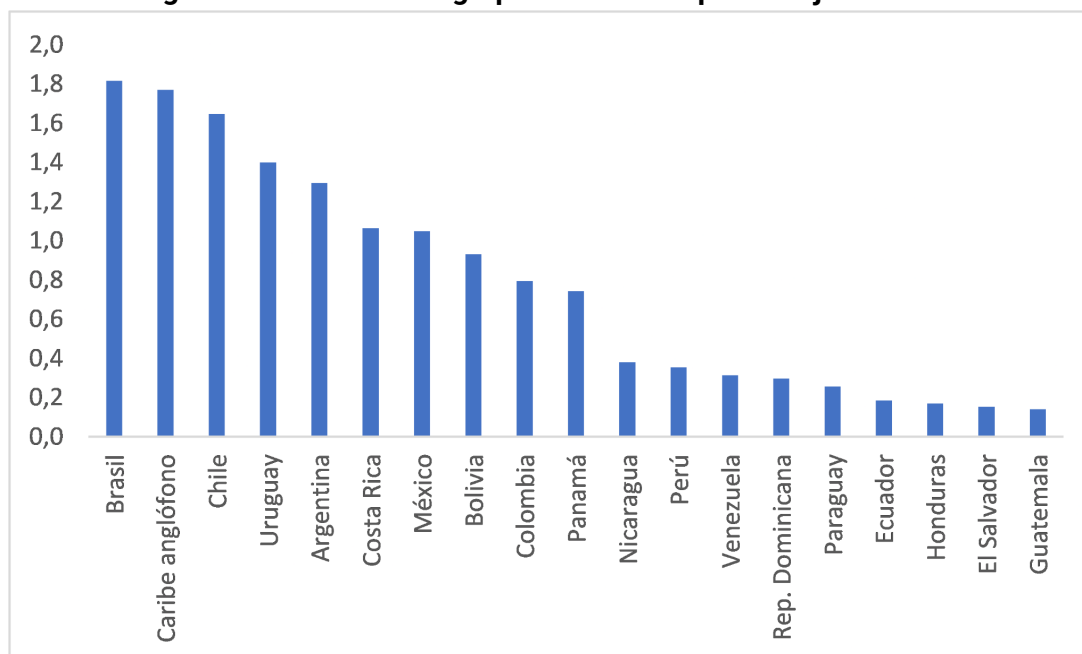
- Trigo, E; Falck-Zepeda, J; Falconi, C. 2010. Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina: oportunidades y retos (en línea). FAO. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://publications.iadb.org/es/publicacion/14657/biotecnologia-agropecuaria-para-el-desarrollo-en-america-latina-oportunidades-y>.
- Trigo, E; Mateo, N; Falconi, C. 2013. Innovación agropecuaria en América Latina y el Caribe: escenarios y mecanismos institucionales (en línea). Washington D. C., Estados Unidos de América, BID. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15343/innovacion-agropecuaria-en-america-latina-y-el-caribe-escenarios-y-mecanismos>.
- Trigo, E; Villarreal, F. 2009. Análisis y discusión sobre el mejoramiento vegetal y las capacidades biotecnológicas en América Latina y el Caribe. Plant Breeding and Related Biotechnology Capacity Assessments -PBBC-; Global Partnership for Plant Breeding Capacity Building -GIPB-; Food and Agriculture Organization -FAO-. 43 p.
- Trigo, E; Piñeiro, ME. 1981. The dynamics of agricultural research organizations in Latin America. Food Policy 6:2-10.
- Tubiello, FN; Rosenzweig, C; Conchedda, G; Karl, K; Gütschow, J; Xueyao, P; Obli-Laryea, G; Wanner, N; Yue Qiu, S; De Barros, J; Flammini, A; Mencos-Contreras, E; Souza, L; Quadrelli, R; Halldórudóttir Heiðarsdóttir, H; Benoit, P; Hayek, M; Sandalow, D. 2021. Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base (en línea). Environmental Research Letters 16. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac018e>.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2021. Food dollar series (en línea). Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://www.ers.usda.gov/data-products/food-dollar-series/>.
- von Braun, J; Afsana, K; Fresco, LO; Hassan, MHA (eds.). 2023. Science and innovations for food systems transformation (en línea). Cham, Suiza, Springer. Consultado 05-03-2023. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5>.

Anexo 1. Los altos niveles de subinversión: una restricción histórica¹⁹

Dos cuestiones caracterizan las inversiones en investigación y desarrollo (I+D) de América Latina y el Caribe (ALC). Por un lado, su inversión es escasa con respecto a la de otras regiones del mundo. En términos de porcentaje del producto interno bruto agrícola (PIBA) nacional (figura 1), solo Brasil, Chile, el Caribe anglófono, Uruguay, Argentina, Costa Rica y México invierten más del 1 %, una cifra muy contrastante con la de otros países con sectores agrícolas relevantes, como la de Canadá, donde la inversión en I+D agrícola como porcentaje del PIBA ascendió a 11,3 % en 2009 o la de Australia, que superó el 12,5 % en 2011 (Gaulier y Zignago 2009, OCDE 2022).

Por otra parte, en términos absolutos, existe un alto grado de concentración de las inversiones en un pequeño número de países. A pesar de que, en conjunto, se observa un aumento en los volúmenes de inversión (pasaron de USD 3.000 millones constantes en poder de compra equivalente en 2011 a algo más de USD 5.000 millones en 2016), esto refleja el comportamiento de un reducido grupo de naciones de mayor tamaño. Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México concentran más del 90 % de la inversión regional. El 10 % restante se distribuye en otros 13 países sobre los cuales se dispone de información. Además, el grueso de las inversiones proviene de fondos públicos, con un muy bajo nivel de participación del sector privado, contrariamente a las tendencias globales en esta materia.

Figura 1. Gasto en I+D agropecuaria como porcentaje del PIBA.



Fuente: Elaborado con base en ASTI 2021.

¹⁹ Este anexo se elaboró con base en Trigo y Díaz-Bonilla (2022).

Este escenario de inversión se refleja en las capacidades tecnológicas disponibles, específicamente en dos áreas que podrían considerarse representativas de lo “tradicional” y lo “nuevo”: el fitomejoramiento y la biotecnología.

- En cuanto al fitomejoramiento, desde 1990 las inversiones se redujeron al 37 % en 2005 y no han crecido desde entonces (Trigo y Villarreal 2009). El panorama no es más alentador para la biotecnología agrícola, ya que en 2007 en ALC las inversiones totales eran del orden de los USD 133 millones, cifra casi insignificante dentro del total de inversiones regionales en investigación agrícola y más aún si se le compara con lo que invierten algunas de las principales compañías multinacionales de semillas.
- Con respecto a la biotecnología, también existe un altísimo nivel de concentración por país. Brasil representa más del 50 % de las inversiones, mientras que los seis países más importantes (Brasil, México, Argentina, Venezuela, Colombia y Chile), casi el 90 % del total de la región (Trigo et al. 2010).

El impacto negativo de estas dos situaciones es mayor en los países tropicales, donde los “derrames” potenciales son menores y la diversidad agroecológica suele ser mayor que en las agriculturas templadas. A ello se suma la ineludible multiplicación de demandas de investigación que supone la mayor diversidad agroecológica y los temas vinculados al cambio climático (Ardila y Saín 2009). Básicamente, algunos costos (infraestructura, personal y equipamiento, entre otros) son sensibles a la escala, pero presentan ciertas inflexibilidades en cuanto a tamaño mínimo, por debajo del cual las funciones no pueden ser ejecutadas con eficacia. En el pasado muchos de estos problemas se redujeron por medio de recursos externos que permitieron “desacoplar” el desarrollo institucional de las condiciones particulares de cada país. Estos procesos han creado condiciones de vulnerabilidad institucional, ya que en la mayoría de los casos posibilitaron el desarrollo de estructuras sobredimensionadas que han encontrado fuertes dificultades de sobrevivir una vez retirada (o disminuida) la ayuda internacional.

Anexo 2. La institucionalidad en los países pequeños.

El tamaño de las economías y su impacto en las capacidades de inversión y la escala de trabajo de las instituciones de investigación es un tema ineludible en América Latina y el Caribe (Trigo y Elverdin 2019). En su esencia, el tema guarda relación con las diseconomías de escala en cuanto al desarrollo institucional o, puesto de otra forma, al hecho de que los países pequeños encuentran limitaciones, en muchos casos absolutas, para construir la cantidad y el tamaño de instituciones requeridas para hacer frente a todo el rango de problemas o a la prestación de servicios desde su sector público²⁰.

Independientemente de cuál sea el criterio que se utilice, el problema básico es el mismo: aunque son sensibles a gran escala, los costos de infraestructura, personal, equipamiento, etc. presentan ciertas inflexibilidades en cuanto al tamaño mínimo, por debajo del cual los servicios o funciones no pueden ser ni brindados ni ejecutados con eficacia. En el pasado este problema se redujo a través de recursos externos proporcionados a los países, provenientes de fondos de cooperación para el desarrollo o de préstamos de la banca internacional que permitieron “desacoplar” el desarrollo institucional de las condiciones particulares de cada país. Estos procesos han creado condiciones de vulnerabilidad institucional, ya que en la mayoría de los casos se desarrollaron estructuras sobredimensionadas que han encontrado grandes dificultades para sobrevivir una vez que la ayuda internacional se retiró o disminuyó y que las instituciones se vieron forzadas a competir directamente por los recursos nacionales.

Entonces, ¿cuáles alternativas existen? Se debe reconocer que la escala es un factor común, no una categoría homogénea, y que la diversidad de situaciones que se presentan no se asocia solo a variables directamente relacionadas con el “tamaño”. Las alternativas pueden tener diferentes variantes, pero, a grandes rasgos, todas deben incluir la focalización e integración de esfuerzos, así como la posibilidad de relajar las restricciones de escala mediante la colaboración y complementación con otros países. Estos dos aspectos no son totalmente independientes entre sí, ya que hay funciones que difícilmente pueden estar sujetas a esquemas cooperativos con otros países. Además, algunas de las funciones, como las vinculadas a la sanidad o la investigación, se pueden encarar bajo esquemas cooperativos y/o de complementación con otros países, aunque las posibilidades de hacerlo pueden depender del tipo de producción que prevalezca o de la ubicación geográfica del país.

²⁰ La definición de “país pequeño” es relativa, por lo que se puede aplicar a una amplia variedad de naciones, dependiendo de la dimensión considerada, que puede ser geográfica, poblacional, económica o una combinación de varias de ellas. En este sentido, la mayoría de las organizaciones internacionales utiliza criterios poblacionales y económicos que son los que, en última instancia, definen el tamaño de los mercados y los niveles de inversión. Otro factor por considerar es el de la diversidad agroecológica, que influye en la idea del tamaño relativo de algunas funciones o servicios, como los relativos a la tecnología en general.

