



2030/ Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe

Documento n° 19

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

© Copyright 2019. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)
Todos los derechos reservados

Eduardo J. Trigo y Pablo Elverdin

1. Introducción

Estas notas tienen por objetivo aportar, desde la perspectiva de la innovación tecnológica agropecuaria, a la identificación de las transformaciones requeridas en los países de América Latina y el Caribe para avanzar en lo que hace al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La mayoría de las metas planteadas en la Agenda 2030 suponen un agotamiento de la matriz energética y productiva sostenida hasta hoy. Ante ello, una nueva matriz tecnológica que facilite el cumplimiento de los objetivos planteados se hace ineludible, y en esto, lo que pase a nivel de la tecnología agropecuaria juega un rol protagónico.

El mundo de la innovación está en un acelerado proceso de transformación, con profundos cambios en las formas de hacer ciencia y tecnología, en el tipo y alcances de sus impactos y en la velocidad con que se dan los cambios. Las tecnologías digitales, la robótica, la inteligencia artificial, la automatización, la biotecnología y la nanotecnología tienen impactos profundos y de amplio espectro, y no hay espacio de la economía, la organización social o el medio ambiente, que quede por fuera de los mismos.

Sin embargo, el camino para el pleno aprovechamiento

de esas oportunidades, no es una proyección lineal de situaciones anteriores. Surge con fuerza la interrogante de si la región cuenta con los recursos (institucionales, financieros, aptitudinales) para poder aprovechar esas oportunidades, y qué políticas son necesarias como apoyo a esos procesos.

2. Convergencia tecnológica Como marco para el desarrollo tecnológico y la innovación en la agricultura y la alimentación

Estamos al comienzo de una revolución que está cambiando radicalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos unos con otros y con el medio ambiente. Los avances en la biología, las tecnologías de información y comunicaciones, la nanotecnología y las ingenierías, han comenzado a madurar y producir desarrollos que prácticamente atraviesan todos los sectores de la economía. Se trata de tecnologías de ruptura, que replantean lo que se hace, pero también el cómo, el cuándo, el con qué, e incluso el quién. Por esto, no basta solo con mirar las tecnologías y su aplicación, sino también lo que se refleja en los procesos de organización agropecuarios y sus encadenamientos con el resto de los sectores económicos, así como a 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 intervinientes, y con ello los marcos institucionales necesarios.

En lo que respecta a la agricultura y la alimentación, los avances de lo que se conoce como nue-va biología (proceso iniciado en la década de 1950), han hecho de la investigación y desarrollo procesos más precisos y confiables, siendo aplicables a prácticamente todos los campos de la actividad agroalimentaria, generando la posibilidad de un mayor entendimiento de los recursos naturales y los ecosistemas. Esto es de indudable valor, ya que permite una vinculación más fluida de las capacidades de investigación agropecuaria con los restantes sectores, tanto en lo que refiere a articulación vertical de la producción primaria, así como las etapas de post-cosecha, procesamiento y mercadeo.

Los impactos de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) —incluyendo la microelectrónica, la ciencia de datos y los avances en las áreas de teledetección— son quizás menos evidentes, pero no por ello de menor magnitud, tanto en lo institucional como en las tecnologías productivas. En lo procesal, el manejo eficiente de grandes bases de datos asociadas a sistemas complejos, como los biológicos, disminuye los costos de investigación al facilitar el acceso a la información. Incluso ayuda a limitar la redundancia, facilitando compartir resultados dentro y fuera de las propias instituciones. Estas capacidades también permiten una mejor interacción con otras disciplinas, como la genómica y sus nuevas metodologías, en procesos que se retro-alimentan entre sí, tanto en lo que hace a sus alcances como a la velocidad con que aparecen nuevas opciones. Asimismo, los avances en teledetección y técnicas de simulación, permitirían no solo reducir el número de réplicas experimentales y la proyección de los resultados logrados hacia otras áreas agroecológicas homólogas; también abren un mundo de nuevas aplicaciones en lo que refiere a los procesos de toma de decisiones tanto a nivel finca como regional.

Al mismo tiempo, las nuevas tecnologías están asociadas a un impacto mucho más amplio, que tiene que ver con su efecto sobre las dimensiones que definen la ruralidad, como el ámbito dentro de los cuales se insertan las actividades agropecuarias. La conectividad y la disponibilidad de dispositivos móviles (bases de la nueva economía digital) contribuyen, vía reducción de costos de transacción históricamente asociados al medio rural, a morigerar las limitaciones generadas

por las distancias, y con ello la propia dinámica de los asentamientos poblacionales, igualando en muchos aspectos la calidad de vida y las posibilidades de progreso económico y social entre territorios.¹

En lo productivo, estos avances comienzan a evidenciarse en diversas áreas que hacen no solo a la mejora de la productividad, sino también al desarrollo de estrategias de producción más sustentables. A nivel general, se trata de la posibilidad de “desagregar”, hasta sus componentes esenciales, el conocimiento de las distintas formas de la vida a través del manejo de grandes cantidades de datos, entendiendo mejor las características, potencialidades y limitaciones de los recursos y los ecosistemas, pudiendo intervenirlos en base a una suerte de ingeniería de detalle, donde, sobre una base científica, se optimizan el papel y las funcionalidades de cada recurso. Parecería empezar a delinearse una suerte de agroecología 4.0, donde esta tiene la oportunidad de dialogar con la biotecnología y las TIC para avanzar hacia nuevas rutas de productividad sostenible.

A nivel de tecnologías específicas, el arco de posibilidades es extremadamente amplio, aunque cruzado por dos conceptos esenciales: mayor precisión y eficiencia. Algunos ejemplos:

Sistemas de mejoramiento rápidos y eficientes, a partir del uso de información genómica y de metodologías de aceleramiento generacional, en base a marcadores moleculares y otras técnicas de análisis cuantitativo, a través de modelos estadísticos que permiten pre-decir la performance de las nuevas construcciones antes de someterlas a pruebas a campo.²

Sensores de cultivos conectados a dispositivos móviles que permiten evaluar las necesidades de fertilización a escalas menores y mucho más precisas.

- Sistemas de monitoreo de salud de los cultivos utilizando luz ultravioleta y, próxima mente, mecanismos biológicos y de inteligencia artificial, lo cual permitiría importantes avances en materia de oportunidad de controles y reducción del uso de químicos en el control de plagas y enfermedades.
- Estrategias virtuales de difusión de técnicas de manejo ajustadas por localidad/región, lo que permite incrementar significativamente el manejo integrado de plagas y enfermedades.

- Biométrica ganadera; uso de collares y otros dispositivos de monitoreo en tiempo real de información acerca del comportamiento, consumo, signos vitales y estado general de los animales.
- Agricultura de precisión, que integra información agroecológica y productiva con TIC, proponiendo estrategias de manejo diseñadas para dar respuesta a variaciones intra-potro para optimizar el uso de insumos.
- Mejoras en el aprovechamiento del agua vía la utilización de tecnologías laser para la nivelación de suelos y el uso de sensores para micro-administración del riego.³

En lo organizativo-institucional, los principales impactos devienen del hecho de que las disciplinas involucradas son significativamente diferentes de las que constituyen la base científico-disciplinaria de la investigación agroalimentaria tradicional. Con el advenimiento de las nuevas biotecnologías, la distinción tradicional entre ciencia pura y aplicada tiende a desdibujarse y, con frecuencia, las aplicaciones comerciales emergen directamente de la investigación “básica”, obligando a una redefinición de los énfasis entre el trabajo de laboratorio y de campo. Por otra parte, todas estas tecnologías están fuertemente influidas por lo que pasa en el mundo de los dispositivos y las aplicaciones, cada vez más baratos y cotidianos, rompiendo de raíz muchas de las barreras tradicionalmente existentes para que los nuevos conocimientos y las tecnologías lleguen masivamente a quienes las necesitan.

Este nuevo “clima” requiere de cambios básicos en lo que hace a los procesos de desarrollo de recursos humanos y en la naturaleza de los vínculos científicos y de información de los cuales dependen los institutos de investigación, así como de relaciones más estrechas y cooperativas con los centros de investigación en las universidades, los institutos públicos y la industria, y con nuevos actores, como las telefónicas y los desarrolladores de software, que pasan a ser componentes centrales del proceso de desarrollo y difusión.

3. Principales tendencias institucionales en lo referido a Investigación y desarrollo (I+D) agropecuario

Cuando se piensa en investigación agroalimentaria en la región, se piensa inmediatamente en el modelo de los institutos nacionales de investigación agraria (INIA) como el tipo institucional característico y predominante. Esto es correcto, en el sentido de que casi todos los países de la región cuentan con una institución pública de investigación agroalimentaria y que esas instituciones representan, mayormente, el grueso de las capacidades de investigación agropecuaria existentes. Este “modelo” básico, sin embargo, ha ido cambiando significativamente a lo largo del tiempo, tanto en lo que hace a su centralidad como fuente de nuevos conocimientos, como a su papel en los procesos de innovación. En la actualidad está siendo seriamente cuestionado, lo cual se refleja, entre otros aspectos, a su posicionamiento en términos políticos y de financiamiento, como en sus capacidades para servir de base para el aprovechamiento de los nuevos escenarios.

i. Pérdida del énfasis tecnológico dentro de las instituciones públicas de I&D agropecuaria

Las instituciones nacionales de investigación y transferencia de tecnología en América Latina y el Caribe se crearon a partir de finales de 1950, en el contexto de sociedades predominantemente agrarias, donde aún existían amplios sectores sin mayor vinculación al mercado (autoconsumo). La producción de commodities para exportación era, en la mayoría de los casos, el eje de inserción internacional de las economías regionales y su principal fuente de divisas. En este marco, las instituciones de investigación fueron diseñadas apuntando a la modernización de la agricultura vía la transferencia de tecnología disponible en los países desarrollados.

El objetivo era integrar la agricultura a las emergentes economías de mercado, 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. El mundo ofrecía suficiente

² Benno Vogel (2014).

³ Ver algunas de las tecnologías emergentes en <http://www.businessinsider.com/15-emerging-agriculture-technologies-2014-4>, y http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/hpc-phc/PH4-147-2014-eng.pdf

tecnología como para impulsar la modernización agroalimentaria y lo que hacía falta era investigación adaptativa y difusión entre los agricultores. A partir de esta idea, la mayor parte de los países encararon la creación de institutos públicos de investigación semi-autónomos, algunos de los cuales recibían también la responsabilidad de la extensión.

Los objetivos básicos de esta aproximación eran resolver los problemas tecnológicos de la producción primaria y promover la adopción de nuevas tecnologías. Las etapas post-cosecha y agroindustrialización no eran percibidas como de alta prioridad y, en los casos donde recibía algún tratamiento, era dentro de estructuras organizativas separadas.⁴ Así y todo, estas instituciones han sido el centro de las capacidades de innovación de los países de la región, y en sus primeras décadas de existencia desempeñaron papeles centrales en las transformaciones tecnológicas del sector.

Más recientemente, sin embargo, han perdido mucho de ese rol y se han ido transformando, crecientemente, en instituciones focalizadas en la problemática de la pobreza y el desarrollo rural, en la que la tecnología es solo uno de los instrumentos de intervención del Estado. Esta orientación pone en duda su valor en cuanto a sus posibles contribuciones en el complejo mundo tecnológico que se aproxima (Trigo et al. 2013). De algunos análisis disponibles acerca de la situación actual en lo que hace a financiamiento de la I&D agropecuaria y la performance en algunos sectores estratégicos, puede obtenerse una idea general de la situación prevaleciente y la relativa debilidad de estas instituciones.

En este marco, las instituciones de extensión también han sufrido importantes cambios. Inicialmente, los esfuerzos de extensión fueron primordialmente públicos y prácticamente siguieron el mismo formato en toda la región, pues estuvieron directamente ligados a los INIA y la transferencia de tecnología. Se trató de la implantación de “un modelo único”, que mutó hacia el cofinanciamiento del servicio por los beneficiarios directos, una mayor orientación al cliente y la descentralización y tercerización del servicio de entrega (Ardila 2010). Pero quizás el cambio más significativo ha sido la pérdida de importancia relativa de la promoción del cambio técnico como actividad

primordial dentro de los mismos. Según un estudio reciente, solo el 33% de las funciones desarrolladas por los programas de extensión están vinculadas al cambio técnico, el resto mayormente, tiene que ver con modificaciones sociales e institucionales. Lo determinante de los cambios, es que la institucionalidad pública no es ya el actor dominante, sino que actualmente existen numerosos actores privados interviniendo, con diferentes enfoques y estrategias, con bastante falta de coordinación, pero que, en general, presentan mejores calificaciones que las experiencias públicas.⁵

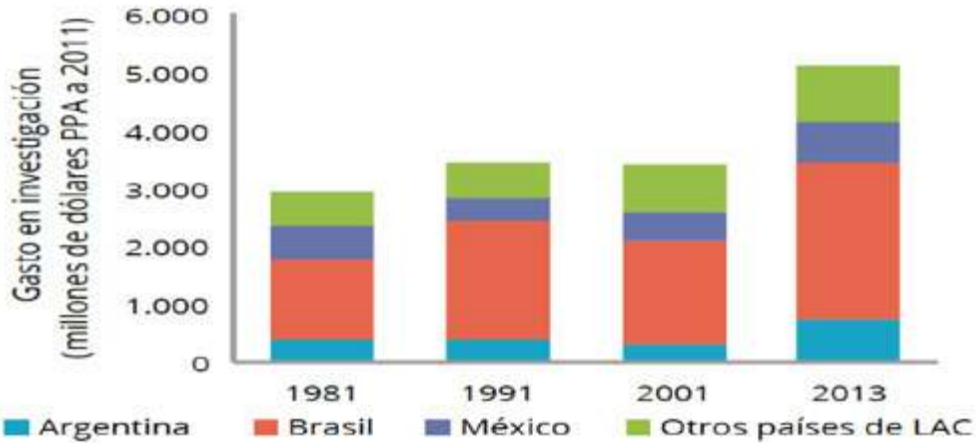
No obstante, quedan vacíos importantes en la I&D y extensión agropecuaria que deberían ser abarcados por los sistemas públicos de investigación. Existe una significativa cantidad de “bienes públicos” que, por su propia naturaleza, no son atendidos por el resto de los actores del sistema. Entre algunos de ellos se pueden mencionar: Funcionalidad de los suelos, calidad y disponibilidad del agua, biodiversidad, mitigación y adaptación climática, desarrollo territorial, diversificación productiva, etc.

ii Recursos para I&D agropecuaria

Dos aspectos caracterizan a las inversiones en I&D agropecuaria. Uno es el alto grado de concentración de las inversiones en un pequeño número de países. El otro, la creciente restricción de los recursos humanos. A pesar de que, en conjunto, se observa un aumento de los volúmenes de inversión (ver Gráfico 1), este básicamente refleja el comportamiento de un reducido grupo de países de mayor tamaño, con el resto mostrando performances bastante deficientes. De hecho, cinco países (Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México) concentran más del 90% de la inversión regional. El 10% restante se distribuye en otros 13 países para los que se dispone información. Esto se observa también cuando los volúmenes de inversión se presentan en términos de cuanto representan como porcentaje del PIB agrícola de los países. En este caso Stads et. al. (2016), muestra que solo seis países (Brasil, Chile, Caribe Anglófono, Rep. Oriental del Uruguay, Argentina, Costa Rica y México) invierten más del 1%, mientras que el resto ni siquiera alcanzan este guarismo, cifras que son marcadamente contrastantes con lo que ocurre en otros países con sectores agrícolas relevantes, como Canadá, donde la inversión en I&D agrícola como porcentaje del PIBA ascendió a un 11,3% (año 2009), o en Australia que superó el 12,5% (2011).⁶

⁵ FAO (2014). ⁶ OECD (2018) y Gaulier y Zignago (2010)

Gráfico 1. Evolución de la inversión total en I&D agropecuaria en América Latina y el Caribe (en millones de USD), 1981-2013



Fuente: Stads et. al. (2016).

En este marco, y pensando en la estrategia futura, la cuestión del tamaño de las economías y como eso se refleja en las capacidades de inversión y escala de trabajo de las instituciones de investigación, es un tema ineludible. De hecho, la mayoría de los países con baja performance tecnológica son los de menor tamaño relativo. En su esencia, el tema se vincula con las desventajas de escala en cuanto al desarrollo institucional, o puesto de otra forma, al hecho de que los países pequeños encuentran limitaciones para construir instituciones, en cantidad y tamaño suficientes, para encarar a todo el rango de problemáticas y servicios que deben enfrentar.⁷

El impacto limitante de estos factores se vuelve aún mayor en los países tropicales, donde los “derrames” potenciales son menores y la diversidad agroecológica suele ser mayor que en las agriculturas templadas, sumado a la ineludible multiplicación de demandas por investigación que trae aparejado el cambio climático. Básicamente, algunos costos (infraestructura, personal, equipamiento, etc.) son sensibles a la escala, pero ostentan ciertas inflexibilidades en cuanto a tamaño mínimo, por debajo del cual las funciones no pueden ser cubiertas con efectividad. En el pasado, muchos de estos problemas se han morigerado a través 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 permitieron el desarrollo de estructuras

sobredimensionadas que han encontrado fuertes dificultades de sobrevivir una vez retirada (o disminuida) la ayuda internacional, viéndose forzadas a competir directamente por los recursos nacionales.

Por otra parte, existen restricciones también en lo que hace a los recursos humanos (una limitante quizás más estratégica debido al aumento de la complejidad de las situaciones a enfrentar). De hecho, la cantidad de investigadores en el sector agrícola también es relativamente baja, e incluso, muestra una tendencia decreciente (ver Gráfico 2).

Gráfico 2. Evolución del número de investigadores en el sector agrícola en América Latina y el Caribe, 1990-2012



Fuente: Stads et. al. (2016). Fuente: Elaboración propia en base a <https://www.ifpri.org/program/agricultural-science-and-technology-indicators-asti>, consultado en marzo 2018

⁷ La definición de “país pequeño” es relativa y varía en función a la dimensión que lo defina. Mayormente, se utilizan criterios de población y económicos. En este caso específico, otro factor a considerar podría ser el de diversidad agro-ecológica.

En cuanto al nivel de calificaciones académicas, el panorama regional es igualmente diverso, pero también dentro de un rango bajo, con Brasil ubicado muy por encima de la media. Esta tendencia se repite en lo que hace a los recursos de apoyo a la investigación, cuyo porcentaje es bajo en casi todos los países pero alcanza niveles críticos en algunos como Argentina, El Salvador y México.

Este escenario institucional se refleja en lo que hace a las capacidades tecnológicas propiamente dichas. Lo que ocurre en dos áreas, que podrían considerarse representativas de lo “tradicional” y lo “nuevo”, el fitomejoramiento y la biotecnología, lo ejemplifican. En el caso del fitomejoramiento, la información disponible resalta que desde 1990 las inversiones se han reducido al 37% en 2005 y la evidencia no indica que haya crecido desde entonces (Trigo y Villarreal 2009). El panorama no es más alentador para la biotecnología agrícola, donde hacia 2007, las inversiones totales en la región eran del orden de los 133 millones USD corrientes, cifra casi insignificante dentro del total de inversiones en investigación agrícola regionales,⁸ y más aún si se la compara con lo que invierten algunas de las principales compañías multinacionales de semillas.⁹ En el caso de la biotecnología, también hay un altísimo nivel de concentración por país, con Brasil representando más del 50% de las inversiones y los seis más importantes (Brasil, México, Argentina, República Bolivariana de Venezuela, Colombia y Chile) casi el 90% del total regionales (Trigo et. al. 2010).

Estas tendencias están en contramano con lo que debería esperarse, no solo por la importancia estratégica de estas inversiones, sino por cuestiones más prácticas vinculadas a la política económica y al incremento de las exportaciones. El marco normativo del comercio internacional, en general, disminuye las posibilidades de aplicar subsidios a la producción y a consumidores, y una de las pocas intervenciones de compensación permitidas es la posibilidad de realizar investigación y desarrollo a través de los sistemas públicos como soporte a la mejora de la competitividad sectorial.

¹⁰ Lo ocurrido con las nuevas variedades genéticamente modificadas (soja, maíz, algodón) es un claro ejemplo. Aun cuando en el proceso de adopción intervienen otro tipo de factores, como los regulatorios, los países templados del sur del continente (Argentina, República Oriental del Uruguay, Paraguay, Estado Plurinacional de Bolivia), se han visto beneficiados de opciones que no han estado disponibles para otras áreas. Incluso en Brasil, el aprovechamiento de las mismas ha sido mayormente en el sur, de agroecologías templadas, siendo que la agricultura tropical ha quedado mayormente fuera del aprovechamiento pleno de las nuevas biotecnologías.

¹¹ El análisis se realiza en base a un índice de “capacidad científica” (número de investigadores y publicaciones), un índice de “capital de innovación” (investigadores por unidad de superficie e inversión en investigación como % del PIBA) y un índice de capital de “imitación” (escolaridad y extensionistas por unidad de superficie). Los autores completan su análisis relacionando su capacidad de generación/aprovechamiento con la performance de la productividad agrícola de los países, encontrando una alta correlación entre inversiones, capacidades y crecimiento de la productividad.

iii Capacidad de articular y aprovechar procesos de desarrollo tecnológico

En términos prácticos, la relevancia del análisis anterior esta en lo que pueda aportar a la dilucidación de la pregunta de en qué medida las estructuras existentes pueden contribuir al desarrollo tecnológico y productivo de la región. Dicho de otro modo, respecto de las plataformas para aprovechar las oportunidades implícitas en los nuevos escenarios científico-tecnológicos. En este sentido, los indicadores no pueden estar solo referidos a la tecnología propiamente dicha, sino a lo que ocurre con la evolución de la productividad de los factores de producción. En este aspecto, los pocos estudios existentes sobre la performance comparada de la agricultura regional, vis a vis lo ocurrido en otras partes del mundo, indican que si bien en el período más reciente, la producción y la productividad mejoran, en una perspectiva más larga, los cambios no son significativos (Nin-Pratt et. al. 2015). Observando la evolución de la productividad total de los factores (TFP) (promedio simple de todos los países) en América Latina y el Caribe respecto de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), no se evidencian mayores cambios entre 1981 y 2012. Esto puede tomarse como un indicador de que el “conjunto” de la región no se “acerca” a la frontera tecnológica (incluso a pesar de los avances en los volúmenes de producción). Adicionalmente, se observan diferencias importantes en el comportamiento entre países y entre regiones templadas y tropicales del continente, con un crecimiento de la TFP significativamente mayor en las primeras.

Debe aclararse que los indicadores resaltan promedios (tendencias generales) y en cada caso hay diferencias entre las performances de países específicos, entre cultivos, entre estos y ganadería y aún dentro de un mismo país. Sin embargo, son útiles para observar una tendencia. La hipótesis que puede plantearse respecto de estas diferencias es que se explican, al menos en parte, por la mayor posibilidad de las agroecologías templadas de aprovechar “derrames”

tecnológicos originados por inversiones en I&D en países desarrollados (Nim-Pratt et.al. 2015).¹⁰

Esto parece confirmarse en base a una categorización de los países de la región por sus capacidades para identificar conocimientos y tecnologías desarrollados para otras realidades y adaptarlos y difundirlos en sus ambientes (ver Tabla 1).¹¹

Tabla 1. Capacidades de generar y aprovechar desbordamientos tecnológicos de los INIA en América Latina y el Caribe

Capacidad de generación/ aprovechamiento	Descripción	Países
Alta	Países que tienen una alta capacidad de generar desbordamientos tecnológicos hacia fuera, lo que significa que también tienen alta capacidad de apropiarse del desborde tecnológico que viene de otros países.	1.Brauil 2.Argentina 3.México 4.Chile
Media	Países que tienen baja capacidad de generar desbordamientos tecnológicos, pero que tienen buena capacidad para aprovechar los desbordamientos tecnológicos que vienen de otros países.	1.Rep. Bolivariana de Venezuela 2.Cuba 3.Colombia 4.Rep. Oriental del Uruguay 5.Costa Rica 6.País 7.Panamá 8.Jamaica 9.Ecuador
Baja	Países que tienen baja capacidad de generar desbordamientos tecnológicos y baja de aprovechar desbordamientos provenientes de otros países.	1.Estado Plurinacional de Bolivia 2.Honduras 3.Guatemala 4.El Salvador 5.Nicaragua 6.Paraguay 7.Rep. Dominicana 8.Haití 9.Bélica 10.Resto del Caribe

Fuente: Sain y Ardila (2009).

En resumen, solo un pequeño número de países resulta con capacidades para aprovechar lo que ofrecen las nuevas tecnologías, mientras que el resto tiene capacidades limitadas y escasas posibilidades de aportar efectivamente al desarrollo productivo de sus países. Ello plantea la necesidad de una reformulación de las prioridades políticas, de estructura organizacional y de andamiaje de cooperación inter-institucional de los actuales sistemas de I&D públicos en la mayoría de los países de la región.

4. Los sistemas nacionales de innovación como esquemas para la movilización de recursos

En línea con esto, en años recientes, surge un nuevo eje de desarrollo institucional: el de los sistemas de innovación, concebidos como una red de agentes que están directa o indirectamente relacionados con la introducción y/o difusión de nuevos productos y procesos tecnológicos. Conceptualmente, la idea es reflejar, que el interés de la sociedad en invertir en la generación de nuevos conocimientos y tecnologías no está concentrado en estos por sí mismos, sino en el mayor bienestar que se puede obtener a partir

de su utilización, es decir, el proceso de innovación. También hay un reconocimiento implícito de que los sistemas se han diversificado y hoy participan una multiplicidad de actores, públicos y privados, sin un liderazgo único, donde la innovación resulta de una complementación de conocimientos y esfuerzos de distintos orígenes (universidades, centros privados de investigación, empresas, ONG, etc.), y, sobre todo, de un mayor involucramiento de los propios productores.

Este proceso está en estadios iniciales y existe mucha discusión conceptual acerca de que es lo que ello implica, pero poco se ha avanzado en cuestiones concretas de políticas e implementación (Banco Mundial 2011). En este sentido, dos cuestiones parecen importantes. Una es como vincular la investigación y los procesos de innovación (ámbitos, responsabilidades, actores, instrumentos); el segundo es la inserción de las instituciones de investigación agroalimentaria en los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación. Este segundo aspecto es de particular importancia por el papel que estas instituciones han tenido y por el hecho de que han estado relativamente aisladas del resto de las instituciones científicas y tecnológicas, probablemente como resultado de las condiciones imperantes al momento de su creación.

5. Innovación y tecnología agrícola como vehículo para el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible

Sin dudas, lo expuesto en el acápite anterior plantea la necesidad de repensar las actuales estructuras y construir una red de vinculación/asociación con otros centros de I&D e investigación. En este sentido, los sistemas nacionales deberían trabajar más con sus referentes regionales, incluidos los mecanismos regionales de cooperación, tales como los programas cooperativos de investigación (PROCI), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y los centros del CGIAR -especialmente los localizados en la región como CIMMYT, CIAT Y CIP – así como con centros de investigación y universidades de fuera de la región. Avanzar en este sentido representa una opción estratégica tanto en cuanto a mantener contacto con la frontera del conocimientos, como para – vía evitar duplicar esfuerzos - hacer un uso más eficiente de los recursos, lo cual puede ser de particular relevancia para los países mas pequeños donde las limitaciones del lado de la inversión son mas importantes.

En línea con esto, las innovaciones y avances tecnológicos están atravesando todas las esferas de nuestra sociedad. Pueden ayudar a erradicar la pobreza, permitir el acceso de todos los niveles sociales a educación de calidad, ayudar a encontrar curas para enfermedades, expandir la base de conocimiento, mejorar de manera significativa el uso de los recursos naturales, mejorar la toma de decisiones y la gobernanza, asegurar mayores niveles de transparencia e inclusión y hacer la economía circular posible, entre otros aspectos. En este sentido, los beneficios atraviesan, en mayor o menor modo, todos los ODS planteados en la Agenda 2030.

Dado el carácter de este trabajo, en este acápite nos centraremos en aquellos ODS que entendemos que serán más fuertemente incididos por la nueva tecnología agropecuaria, y cómo esta podrá ayudar el cumplimiento de los mismos.

De acuerdo al resultado, los ODS que obtendrán mayor probabilidad de cumplimientos gracias al aporte de la innovación agrícola son: ODS1; ODS2; ODS4; ODS5; ODS7; ODS8; ODS9; ODS10; ODS11; ODS12; ODS13 y ODS15. Si bien la dimensión del impacto varía en cada caso, se intentará exponer los principales elementos en donde la innovación agropecuaria incidirá en los ODS identificados. El agrupamiento de los ODS, es resultado de facilitar la lógica narrativa, reduciendo la reiteración de conceptos.

i. Sistemas de innovación como promotores del cambio tecnológico (ODS9)

Si bien parece redundante, durante años los sistemas públicos nacionales de innovación y transferencia han sido fundamentales para el avance tecnológico en la producción agropecuaria. Hoy día, gracias a la aparición de nuevos actores (tanto públicos como privados), los sistemas de innovación tradicionales han moderado su influencia, aunque en muchos casos aún siguen siendo el motor principal de la aparición y aplicación de tecnología moderna.

Teniendo en consideración las nuevas estructuras de los sistemas de innovación y las ventajas que otorga la apropiabilidad de los eventos en lo que a búsqueda de financiamiento refiere, los sistemas nacionales de investigación deberán procurar integrarse a una red más amplia de generación de conocimiento, ampliando sus interacciones con nuevos actores y disciplinas.

ii. ecnología como medio para reducción de la pobreza (ODS1) y eliminación del hambre (ODS2)

Dadas las disparidades existentes, el fortalecimiento de las capacidades nacionales para la generación y transferencia de tecnología agrícola es fundamental para el incremento de la productividad. Dicha mejora incrementará los ingresos de los productores rurales y de los demás actores intervinientes en las cadenas de valor agropecuarias, reduciendo los índices de pobreza, en especial en lo que refiere a las comunidades rurales. Asimismo, el incremento de la producción no sólo podrá garantizar el alimento de los productores de estructura familiar y/o pequeña escala, sino que, gracias a su mayor volumen y menores costos, también incrementará la cantidad total de alimentos disponible y ofrecerá mejores condiciones de acceso para el resto de la población. No obstante, es necesario enfocar la visión de los sistemas nacionales de innovación y transferencia hacia una economía de mercado. En este sentido, los sistemas públicos de I&D y de extensión agropecuaria tienen mucho que hacer en lo referente a resolver las fallas de mercado que afectan a los productores rurales, en especial a los de pequeña escala. Abandonar los sistemas orientados a la producción de subsistencia resulta necesario si se quiere lograr sacar de la “trampa de pobreza” en la que está atrapada gran parte de la población rural regional. En todo caso, junto con los programas agrícolas, será necesario desarrollar políticas apoyo social que contemple las necesidades de la población rural más vulnerable.

iii. Tecnología agropecuaria y su incidencia en la reducción de la desigualdad económica (ODS10), educación de calidad (ODS4) y brecha de género (ODS5)

La tecnología moderna ha permitido una más rápida y equitativa difusión del conocimiento. Internet y las TIC se han convertido en la puerta de acceso a una multitud de servicios básicos para la sociedad, facilitando el acceso a la educación y la salud, pero también a la comercialización y la bancarización de las comunidades rurales. Incluso con sus limitantes, ello trae significativas mejoras en lo que a la reducción de brechas refiere. Los sistemas de innovación nacionales deben hacer uso de estas ventajas para acercarse a las poblaciones rurales, generando nuevos sistemas de transferencia de tecnología agropecuaria que contemplen estos nuevos mecanismos de difusión y/o aplicación. El desarrollo de aplicaciones y otros

aplicativos móviles que faciliten el acceso a información y servicios agropecuarios, es una dimensión esencial a considerar en los nuevos sistemas de innovación y transferencia.

iv. Tecnología agropecuaria, energías renovables (ODS7) y su rol en protección del medioambiente (ODS15) y la lucha contra el cambio climático (ODS13)

Gran parte de la nueva matriz energética sustentada en energías renovables está vinculada a la tecnología agropecuaria. La aplicación de tecnología moderna no solo permite aprovechar recursos hasta hoy inutilizados (biomasa, heces y otros desechos orgánicos), sino que a través de la aplicación localizada, sistemas de mínima labranza, uso eficiente del agua, etc., reduce los impactos en el ambiente y colabora en la lucha contra el cambio climático.

El incremento de las preocupaciones por el cambio climático aumenta la necesidad de volcar los sistemas de producción actuales hacia modos más sustentables. La “intensificación sostenible” y el cambio de matriz energética trae aparejada toda una nueva área de exploración y aplicación para los sistemas nacionales de innovación (utilización de biomasa, recuperación de suelos, estimación de emisiones, etc.) y nuevas oportunidades de desarrollo económico para las comunidades rurales. En este sentido, el diseño e implementación de medidas de mitigación y adaptación deben conformar una parte importante de la nueva agenda de los institutos públicos de I&D y extensión. Allí también existen oportunidades de coordinar la agenda pública con el sector privado, identificando prioridades de inversión e investigación (ODS10, ODS4, ODS5).

v. Tecnología agropecuaria como fuente de empleo y crecimiento económico (ODS8)

La tecnología agropecuaria y las posibilidades que abre la nueva “economía circular” traerán significativos cambios en la calidad del empleo agropecuario. Si bien aún cuesta dimensionar su impacto en cuanto a la cantidad absoluta, las nuevas tecnologías permitirán crear empleos de mayor calidad y calificación, independientemente del lugar de residencia, ofreciendo mayores oportunidades de desarrollo profesional y económico para los pobladores rurales y las pequeñas zonas pobladas de influencia. En cualquier caso es necesario que los sistemas nacionales

de innovación dimensionen la potencialidad de estas innovaciones más allá de la finca, e identifiquen los mecanismos institucionales que promuevan su expansión, en tanto, hay sustanciales impactos tanto en empleo como en crecimiento económico para cada localidad y/o región específica.

vi. Ciudades sostenibles (ODS11), consumo responsable (ODS12) y tecnología agropecuaria

La tecnología moderna ha facilitado el acceso a la información por parte de los consumidores. Hoy ya no es suficiente con remarcar las cualidades nutritivas de los alimentos, también hace falta incorporar aspectos sociales y ambientales. Aún cuando este tipo de requerimientos es todavía incipiente en los países de la región, será cada vez más común y los institutos de innovación deberán servir de apoyo en la validación de estas nuevas “aptitudes” en los alimentos (sistemas de trazabilidad, certificaciones, etc.). E incluso, también podrían participar en el desarrollo de este tipo de iniciativas fin promover la captación de mayor valor agregado por parte de los agricultores (el caso de Carne Carbono Neutro, promovido por EMBRAPA es un claro ejemplo de ello)¹².

Asimismo, es necesario que los organismos de I&D trabajen con mayor cercanía con sus pares de organismos fitosanitarios, a fin de no sólo trabajar en dar respuestas a problemas sanitarios que pudieran estar afectando la producción rural, sino también, para dar herramientas de defensa científica frente al virtual incremento de barreras no arancelarias al comercio.

Sin dudas, la tecnología atraviesa, en mayor o menor manera, a casi todos los ODS. Sin embargo, los sistemas públicos de I&D y extensión agrícola deberían enfocarse en el trabajo sobre aquellos “bienes públicos” que tienen mayor capacidad de contribución al incremento de la producción, la generación de valor agregado y al desarrollo territorial.

En este sentido, la tecnología nos da la oportunidad de resolver una falla de mercado muy común en los mercados agrícolas, la falta de información clara y precisa sobre sistemas productivos, cuidado de cultivos, precios y condiciones de comercialización, lo que afecta principalmente a los agricultores de pequeña escala y/o de estructura familiar (ODS4, ODS10 y ODS5). Indirectamente, ello traerá mejoras en el empleo y el crecimiento económico (ODS8),

12. Ver <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/3488/marca-con-ceito-carne-carbono-neutro>

provocando impactos positivos en pobreza (ODS1) y reducción del hambre (ODS2).

Por otro lado, los sistemas públicos no deben desaprovechar la oportunidad de que los productores rurales puedan generar valor a través de los desechos de producción (ODS7). Su desarrollo no sólo posee desafíos técnicos, sino también normativos y estructurales que requieren ser reguladas. Los I&D agrícolas tienen mucho que aportar al respecto, pero será necesaria la interacción con actores de otras esferas (tanto públicas como privadas).

Por último, los organismos de I&D agrícola deberán trabajar denodadamente para adaptar la producción a las nuevas condiciones climáticas. El cambio climático exige una clara política de adaptación y mitigación a fin de contrarrestar los efectos adversos que se prevén para la mayor parte de los cultivos de la región.

6. Reflexiones finales: ejes de trabajo para las nuevas políticas de innovación y transferencia de tecnología

Una mirada retrospectiva de las cuestiones presentadas resalta que uno de los principales problemas que hoy enfrenta la región en cuanto a sus políticas de investigación y desarrollo tecnológico agropecuario, es la necesidad de adaptar los esquemas existentes al contexto actual que estas actividades deben contribuir.

En este marco, y puesto que la mayor parte de los ODS están atravesados por el aporte de la tecnología, los actuales sistemas nacionales de innovación y transferencia existentes en la región pierden capacidad para contribuir al cumplimiento de los mismos. Las instituciones y orientaciones existentes en la mayoría de los casos reflejan situaciones y prioridades de otras épocas, y esto es un factor negativo para la efectividad de la Agenda 2030. Todos los aspectos discutidos resaltan el papel y las oportunidades para la investigación y el desarrollo tecnológico, y esto debe reflejarse en los mecanismos institucionales para contener y promover las actividades, las prioridades de inversión, así como para enfrentar los efectos colaterales sobre los distintos sectores de la agricultura asociados a los nuevos escenarios. En este sentido, a continuación, presentamos algunas reflexiones finales sobre los temas y ámbitos de trabajo específicos a considerar.

El marco institucional para la innovación y transferencia de tecnología agropecuaria. Los esquemas vigentes han sido superados tanto en lo científico-tecnológico como en lo operativo. La incipiente irrupción del concepto de sistemas nacionales de innovación agropecuaria es un marco que abre oportunidades para incorporar nuevos actores al proceso, así como facilitar la interacción entre las ciencias biológicas y otras áreas del conocimiento en los nuevos procesos de innovación (ODS9). Estas capacidades, cuando existen, están dispersas, y hay poca tradición de cooperación; avanzar en los mecanismos de integración alrededor de objetivos comunes resulta una prioridad. Al mismo tiempo, el sector privado se ha vuelto un actor estratégico para la innovación. No solo porque muchos de los nuevos conceptos tecnológicos son apropiables y las empresas juegan un papel central para su llegada al mercado, sino también porque los cambios en los servicios de extensión han ido en la misma dirección (ODS4). Una integración de las políticas de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria y otras políticas sectoriales, con la política científico-tecnológica global, el desarrollo de empresas de base tecnológica y el diseño de mecanismos de financiamiento efectivos, son áreas que no pueden dejar de integrar la agenda de trabajo.

Las prioridades de trabajo e inversión. En general las prioridades de la I&D han estado altamente focalizadas en la solución de problemas productivos, la mejora en el manejo de los recursos naturales (ODS13 y ODS15), y sobre todo en una “visión corta” del sector agropecuario y como este se inserta en el resto de la economía y la sociedad. Los escenarios que están comenzando a delinear se plantean una agenda más amplia, donde los temas vinculados a la cadena de valor, calidad, nutrición (ODS2 y ODS3), producción de energía (ODS7) y utilización industrial de biomasa (ODS8), deben recibir una mayor atención.

Los efectos distributivos de los nuevos escenarios y las políticas públicas. El cambio tecnológico tiene consecuencias y efectos sobre la competitividad del sector. Los nuevos escenarios no son la excepción y, por lo tanto, es indispensable que estén acompañados por políticas y acciones específicamente dirigidas a asegurar la participación equitativa de todos los sectores involucrados (ODS10). Más allá del hecho de que cualquier nuevo arreglo tecnológico afecta la productividad de los factores y la manera en que los distintos sectores participan de los beneficios que

producen, las tendencias descritas traen aparejadas una redefinición del carácter público-privado de muchas áreas de investigación y desarrollo. Esto tiene consecuencias de distinto orden. Por una parte, las mayores posibilidades de apropiabilidad deberían incentivar una más activa participación del sector privado en el financiamiento y desarrollo de las mismas, lo cual es positivo en el escenario de subfinanciamiento que enfrentan la mayoría de los sistemas de investigación y desarrollo de la región.¹³ Por otra parte, la naturaleza de las nuevas tecnologías puede afectar negativamente a ciertos sectores de la pequeña agricultura familiar, particularmente a aquellos que enfrentan mayores restricciones en cuanto a disponibilidad de recursos y/o acceso a infraestructura o servicios. En este sentido, las estrategias públicas de trabajo con el sector deberían concentrarse en la provisión de aquellos bienes “bienes públicos” que revisten menor interés para los restantes actores del sistema de innovación. Contemplar políticas y acciones explícitas dirigidas promover un acceso más equitativo a las nuevas tecnologías (créditos, capacitación, desarrollo de infraestructuras estratégicas, subsidios específicos a prestadores de ciertos servicios tecnológicos, etc.), y el fortalecimiento de las instituciones nacionales de investigación y desarrollo tecnológico para que puedan ser más efectivas en contribuir a corregir las fallas de mercado existentes y asegurar los niveles de inversión requeridos para que se atiendan adecuadamente las necesidades de esos sectores, deberían ser prioridades de esta agenda.

La gobernanza de la transferencia internacional de tecnología. Las dificultades de acceso (y las consecuencias asociadas a las mismas), no se dan solo al interior de los países, sino también entre ellos, con potenciales efectos desfavorables para los países de menor desarrollo relativo. Aspectos tales como la mayor importancia de la investigación básica en los procesos de innovación, así como la generalización (e internacionalización) de marcos de protección a la propiedad intelectual de las nuevas tecnologías, les plantean mayores dificultades de acceso a las que ya vienen enfrentando. En este contexto parecería que se reinstala a nivel internacional la discusión de mecanismos de gobernanza y regulación de los sistemas de investigación y transferencia de tecnología para el agro, bajo la premisa de que aseguren un acceso más equitativo de todos los países y agricultores a las

oportunidades y beneficios de los nuevos conceptos tecnológicos. Estas perturbaciones se vuelven más importantes en los países tropicales, donde la escala no solo está afectada por el tamaño de sus economías, sino también porque su diversidad agroecológica suele ser mayor. En este contexto, cuando se piensa en la estrategia futura, la cuestión del tamaño de las economías y cómo eso se refleja en las capacidades de inversión y escala de trabajo de las instituciones de investigación, es un tema ineludible. De este modo, la construcción de sólidas redes de vinculación con los sistemas públicos regionales de I&D y extensión agrícola, y con el sector privado, se vuelve fundamental a la hora de lograr mayores eficiencias.

Sin dudas, en los nuevos sistemas nacionales de investigación e innovación, el sector privado muestra un fuerte incremento de sus capacidades, tomando la iniciativa en muchas de las anti-guas preocupaciones de los sistemas públicos.

En este contexto, estos últimos deberían aprovechar la oportunidad para enfocar sus agendas en promover la I&D y extensión en aquellos “bienes públicos” que revisten mayor interés para el desarrollo de los territorios rurales y que, por su naturaleza, no ofrecen interés para el resto de los actores del sistema de innovación.

Referencias bibliográficas

- Ardila, Jorge (2010) Extensión rural para el desarrollo de la agricultura y la seguridad alimentaria. Aspectos conceptuales, situación y una visión de futuro. IICA, San José.
- ASTI (2018). Agricultural Science and Technology Indicators. IFPRI. <https://www.asti.cgiar.org/data>.
- Duan, Yan-e (2011). Research on Integrated Information Platform of Agricultural Supply Chain Management Based on Internet of Things. Journal of Software, Vol. 6, N° 5.
- FAO (2014). Estrategias de reformas institucionales en inversiones para los Sistemas de Extensión y Transferencia de Tecnología en Centroamérica y República Dominicana. FAO, Oficina Subregional para Mesoamérica, Panamá.

13. La participación del sector privado esta por debajo de lo que ocurre en otras partes del mundo (Beintena et.al. 2012).

- Nienke, M.; Beintema, N.; Stads, G.; Flugie, K.; Heisey, P. (2012). ASTI Global Assessment of Agricultural R&D Spending: Developing Countries Accelerate Investment. IFPRI, Washington.
- Nin-Pratt, A.; Falconi, C.; Ludena, Ca.; Martel P. (2015). Productivity and performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: from the lost decade to the commodity boom. IDB Working Paper Series ; 608, Washington DC.
- OECD (2009). The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. OECD, París.
- Piñeiro, M.; Trigo, E. J., eds. (1983). Technical Change and Social Conflict in Agriculture: Latin American Perspectives. Westview Press, Boulder, Colorado.
- Sain, G. y Ardila J. (2009) Temas y oportunidades para la investigación agropecuaria en América Latina y Caribe, “Foro PROCISUR de Prospección”, IICA, Montevideo.
- Stads, G.; Beintema, N.; Pérez, S.; Flaherty, K. y Falconi, C. (2016). Investigación Agropecuaria en Latinoamérica y el Caribe. ASTI/BID.
- Trigo, E.; Mateo N. y Falconi C. (2013). Agricultural innovation in Latin America and the Caribbean: institutional scenarios and mechanisms. InterAmerican Development Bank, Technical Note #528, Washington DC.
- Trigo, E. y Cap E. (2013). Transforming agriculture in Argentina: the role of genetically modified (GM) crops. In Bennett David J. and Jennings Richard C. (eds.) “Successful Agricultural Innovation in Emerging Economies” Cambridge University Press (ISBN 978- 1-107-02670-4 Hardback)
- Trigo E. y 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-.
- Trigo, E. J.; Piñeiro, M.; Sabato, J. (1983). La Cuestión Tecnológica y la Organización Agropecuaria en América Latina. Desarrollo Económico, 23 (89).
- Trigo, E.; Falck Zepeda, J. y Falconi, C (2010). Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina: Oportunidades y Retos. Documentos de Trabajo LAC 01/10, Programa de Cooperación, FAO/Banco Inter-Americano de Desarrollo.
- Vogel, B. (2014). Smart Breeding: ‘Marker-Assisted Selection: A noninvasive biotechnology alternative to genetic engineering of plant varieties’ Prepared for Greenpeace International by Benno Vogel (www.benno-vogel.ch)
- World Bank (2011) Chile’s Agricultural Innovation System: An Action Plan Towards 2030 (<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2779?locale-attribute=es>).