

▶ **LA I+D Y LA TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA ALIMENTARIO: UNA CONTRIBUCIÓN DEL INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA) A LA CUMBRE SOBRE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS 2021 DE LAS NACIONES UNIDAS**

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2021



La I+D y la transformación del sistema alimentario: una contribución del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) a la Cumbre sobre los Sistemas Alimentarios 2021 de las Naciones Unidas 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. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

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

Coordinación editorial: Federico Villarreal
Corrección de estilo: Olga Patricia Arce
Diagramado: Nadia Cassullo
Diseño de portada: Nadia Cassullo
Impresión: Imprenta del IICA

Gianoni, Cecilia

La I+D y la transformación del sistema alimentario: una contribución del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) a la Cumbre sobre los Sistemas Alimentarios 2021 de las Naciones Unidas / Cecilia Gianoni y Eduardo Trigo. – San José, C.R.: IICA, 2021.
16 p.; 21 x 16 cm.

ISBN: 978-92-9248-953-3

Publicado también en inglés y portugués.

1. Sistemas alimentarios 2. Investigación 3. I+D I. 4. Innovación 5. Tecnología 6. Desarrollo agrícola 7. Adaptación al cambio climático 8. Desarrollo sostenible 9. Ordenación de aguas 11. Manejo del suelo I. Trigo, Eduardo II. IICA III. Título

AGRIS
A50

DEWEY
630.7

San José, Costa Rica
2021

▶ **LA I+D Y LA TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA ALIMENTARIO: UNA CONTRIBUCIÓN DEL INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA) A LA CUMBRE SOBRE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS 2021 DE LAS NACIONES UNIDAS**

1

Introducción

La presente nota busca movilizar una discusión sobre la contribución de la investigación y desarrollo (I+D) a la transformación de los sistemas alimentarios en el marco de la próxima Cumbre de las Naciones Unidas sobre los Sistemas Alimentarios. Se reconocen tres grandes disparadores para este cambio: a) la población mundial continuará creciendo para estabilizarse en 20-30 años; b) se evidencian cambios en los patrones de consumo; y c) se consideran importantes impactos por el cambio climático.

Somos conscientes de que la innovación es un componente indiscutible para el logro de esta transformación y que sigue siendo un desafío para los países de América Latina y el Caribe (ALC); sin embargo, la nota se enfocará en el análisis de las oportunidades y los desafíos para la I+D agroalimentaria, como un subsistema que integra el sistema de innovación con un papel estratégico.

Los objetivos propuestos para la Cumbre plantean la necesidad de significativos cambios en cuanto a sistemas productivos que permitan equilibrar los necesarios incrementos de productividad con la sostenibilidad de mediano y largo plazo; cerrar las grandes brechas existentes dentro y entre países, disminuyendo las vulnerabilidades que aún persisten en los territorios; adaptar y mitigar los impactos del cambio climático; y asegurar el acceso global a alimentos de calidad, nutritivos, con bajo impacto ambiental y socialmente responsables.

La I+D es un componente esencial para el logro de todos estos objetivos. En este sentido, el actual escenario científico-tecnológico representa una gran oportunidad que debemos aprovechar, pues se caracteriza por sus aceleradas e intensas modificaciones en la forma, tipo, impacto y velocidad en la que se hace ciencia y tecnología (CyT); los avances en nuevos modelos de organización y gobernanza; fortalecimiento de los enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios; el surgimiento o consolidación de nuevos actores en el mercado global de alimentos; y los cambios en los esquemas de protección de los derechos de propiedad intelectual.

La pandemia no ha hecho sino resaltar estos desafíos y oportunidades. Por una parte, ha demostrado la relevancia de contar con sistemas agroalimentarios sólidos. El sector agroalimentario de ALC mantuvo su actividad durante la emergencia sanitaria – ver hashtag #ElCampoNoPara – y proveyó de alimentos en cantidad y calidad a diversos puntos del mundo. Esto permitió una ocupación continua de mano de obra de toda la cadena alimentaria y generó ingresos y divisas. Esta realidad exigió el desarrollo de estrategias para la generación y la aplicación de protocolos sanitarios en los diversos procesos productivos y en la interacción del sector agroalimentario con el sector salud, con la industria del transporte y de las telecomunicaciones, entre otras. Por otra parte, la pandemia acentuó los requerimientos de nuevos conocimientos y tecnologías que aseguraran la agilización de procesos, un uso más eficiente de los recursos naturales, la minimización del desperdicio y las pérdidas, el cuidado del medio ambiente y el mejoramiento de los aspectos sociales y de equidad.

Esta nota está estructurada en dos ejes. El primero está vinculado con la I+D agroalimentaria como instrumento de transformación del sistema alimentario, en el que se consideran las capacidades disponibles de los países de ALC. El segundo eje analiza las oportunidades y los desafíos de la I+D agropecuaria de la región en su contribución a las cinco vías de acción (VA) definidas para la Cumbre e integra aportes surgidos del Diálogo Independiente realizado en forma conjunta por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR) el 22 de julio de 2021. Al final, se presentan algunas reflexiones sobre el tema.

2

La I+D agropecuaria como instrumento de transformación del sistema alimentario

Evidencias empíricas permiten señalar que la inversión en I+D agropecuaria de los países de ALC ha contribuido al desarrollo agrícola, al crecimiento económico y a la reducción de la pobreza en la región. Las nuevas tecnologías resultantes de las inversiones en I+D han mejorado la cantidad y calidad de la producción agrícola, a la vez que han aumentado la sostenibilidad, reducido los precios de los alimentos para el consumidor, permitido a los productores rurales acceder a los mercados y mejorado las asignaciones hombre-mujer y la acumulación de capital físico y humano en los hogares (Stads *et al.* 2009:2).

A partir de la hipótesis de que sistemas nacionales de investigación agropecuaria bien diseñados y con niveles de inversión adecuados constituyen requisitos para el desarrollo agrícola, la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza, muchos países de ALC vienen realizando esfuerzos desde inicios de siglo para adecuar sus sistemas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) a los nuevos escenarios. En este sentido, varios institutos nacionales de investigación agropecuaria (INIA) han desarrollado capacidades de investigación, tanto en el número de investigadores como en el nivel de formación académica, con renovados modelos de gestión y gobernanza, hacia procesos de investigación participativa, trabajo en redes y plataformas público-privadas. Sin embargo, aún quedan varios pendientes en materia de capacidades e institucionalidad de I+D, particularmente la pública por la crisis económica provocada por la pandemia de la Covid-19.

La principal limitante por enfrentar se relaciona con los niveles de inversión en I+D agropecuaria de ALC que se ubican significativamente por debajo de lo requerido. Si bien en esta última década muchos países vienen incrementando porcentualmente sus inversiones, la región invierte, como porcentaje de su producto interno bruto (PIB) agropecuario, menos de la mitad de los valores promedio de los países desarrollados (solo el 1,15 % frente al 2,5 %) y con comportamientos muy desiguales entre países (ASTI/CGIAR)¹. Valores del 2013 muestran que mientras la mayoría de los países del Cono Sur, Brasil (1,82 %), Chile, Uruguay y Argentina estaban por encima del 1,20 % y el Caribe anglófono, Costa Rica y México superaban el 1 %, el resto se encontraba por debajo de este guarismo, alguna vez indicado como el mínimo necesario para mantener un sistema de I+D efectivo. Ocho

(1) El cálculo de la intensidad de la inversión en I+D agropecuario no incluye el sector privado con fines de lucro. ASTI/CGIAR. Benchmarking América Latina y el Caribe. Gasto / Porcentaje del PIB agropecuario. <https://www.asti.cgiar.org/es/benchmarking/lac> (consultado 18 de enero 2021).

países ² realizaban inversiones por debajo del 0,4 %, entre los cuales Guatemala era el de menor inversión del hemisferio (0,14 %). Aun cuando estos datos son de 2013, el panorama actual no ha mejorado y estos valores seguramente caerán de forma significativa en los próximos años como consecuencia de la pandemia. En el 2020, restricciones presupuestales del orden del 50 % fueron aplicadas a la mayoría de los INIA de ALC, con los consecuentes efectos negativos sobre los procesos de I+D (com. pers).³

Esto se traduce en diferentes capacidades para generar estrategias de I+D, lo que sumado a la diversidad existente entre los países (geográfica, económica, social, cultural y climática), ha resultado en grandes brechas en productividad, particularmente en los países más pequeños y del área tropical (Nin-Pratt *et al.* 2015). Una excepción en este sentido es Brasil que, en los últimos 40 años, ha desarrollado un modelo de agricultura tropical endógeno de selección y adaptación de cultivos de interés agrícola, con un continuo aumento en la productividad, generación de empleo y renta, valor agregado, incremento de la calidad de vida en las zonas rurales e impactos positivos en el cuidado del ambiente (Albuquerque *et al.* 2008). Sin embargo, estos avances no han permeado al resto de los países tropicales de América, donde aún queda mucho por explorar en cuanto a sus recursos naturales y biodiversidad.

A su vez, los Estados continúan siendo el principal origen de las inversiones, contrariamente a la tendencia global de una más dinámica participación del sector privado (Fuglie 2016)⁴. En los países de ingresos bajos y medianos, esta tendencia es más marcada. Según Pray *et al.* (2015, citado por Fuglie 2016), la política tecnológica (particularmente en biotecnología y derechos de propiedad intelectual) que permite la participación de corporaciones multinacionales puede influir significativamente para que el sector privado y también empresas extranjeras inviertan en I+D agrícola.

Si bien la mayor parte de la I+D agrícola es realizada por empresas que se ubican en países desarrollados, en los últimos años se identifica un crecimiento en la inversión en I+D de las empresas pertenecientes a economías emergentes. Brasil es uno de los países de la región que ha desarrollado políticas de incentivo a la inversión privada que incluye la habilitación de la participación multinacional en sus mercados nacionales de insumos agrícolas y derechos de propiedad intelectual para nuevas variedades y protocolos regulatorios para la aprobación de eventos transgénicos.

(2) Nicaragua, Perú, Venezuela, República Dominicana, Paraguay, Ecuador, Honduras y Guatemala. ASTI/CGIAR. Benchmarking América Latina y el Caribe. Gasto / Porcentaje del PIB agropecuario. <https://www.asti.cgiar.org/es/benchmarking/lac> (consultado 18 de enero 2021).

(3) Miembros de la Comisión Directiva PROCISUR. 31 de julio de 2020. LXVI Reunión de Comisión Directiva, conversación virtual. INTA Argentina, Embrapa Brasil, INIA Chile, IPTA Paraguay e INIA Uruguay.

(4) La inversión privada global en I+D agropecuaria se triplicó desde 1990 hasta 2014. Si bien la mayoría de las empresas que realizan estas inversiones se encuentran en países desarrollados y son proveedoras de insumos agrícolas, sus tecnologías tienen importancia creciente para los países en desarrollo (Fuglie 2016).

Flugie (2016) enfatiza sobre la importancia de ajustar la cartera de I+D pública para que se complemente con la privada. Agrega aspectos como la oportunidad y el desafío de trabajar en inversiones público-privadas y la necesidad de que la I+D pública aborde demandas de los agricultores en áreas donde los incentivos para la I+D privada son bajos. Asimismo, evidencias empíricas recogidas por Anríquez *et al.* (2016) demuestran que el direccionamiento del gasto público hacia la obtención de bienes públicos, como serían inversiones en I+D, ha influenciado positivamente el desarrollo de la agricultura en ALC.⁵

La situación de la agricultura familiar (AF) también constituye un desafío, dado su peso económico y social. Representa una alta proporción de las explotaciones de la región y se estima que alberga a más de 60 millones de personas. Es la principal fuente de empleo agrícola y rural y brinda un significativo aporte a la seguridad alimentaria local y nacional (FAO *et al.* 2019). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), mitigar los impactos de la pandemia en el sistema alimentario requiere, entre otras acciones, buscar soluciones específicas de contexto, que aprovechen los recursos y bienes disponibles localmente, lo que posiciona muy bien a la AF para proveer de soluciones enraizadas en los territorios y en sus comunidades⁶. Es un sector clave para el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) por su carácter multidimensional, capaz de contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional, gestionar los recursos naturales, preservar la biodiversidad y el patrimonio cultural y mitigar el cambio climático.

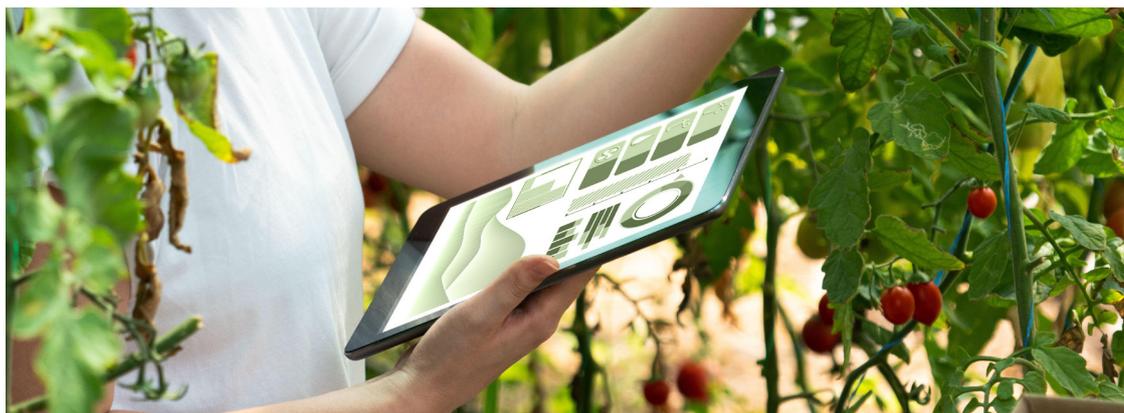
Finalmente, el diseño de sistemas de I+D debe ir de la mano de la extensión y de modelos participativos que involucren a los agricultores y demás actores del sistema alimentario, claves para lograr innovaciones que impacten positiva y equitativamente en todos ellos. Si observamos los índices globales de innovación para el 2020⁷ (Cornell University *et al.* 2020), ALC se posiciona en el antepenúltimo lugar del mundo (27,76), solo por encima de África Subsahariana y en valores muy por debajo del 56,45 de América del Norte o del 35,02 de Asia.

Avances científicos y tecnológicos que no se acompañen de políticas públicas, marcos regulatorios adecuados, una buena coordinación de las capacidades técnicas y tecnológicas existentes, fondos de fomento, inversión privada y una participación activa de los actores productivos pueden no transformarse en innovaciones y no rendir los beneficios esperados. El aprovechamiento de los potentes instrumentos de cambio que actualmente desarrolla la ciencia y la tecnología (CyT) depende de la capacidad que tengamos como países y región de generar y fortalecer los recursos organizacionales, financieros y aptitudinales. Además, se

(5) Los autores también alertan sobre la subinversión en bienes públicos (infraestructura, tecnología y conocimiento) en los países donde predominan pequeños productores con un capital limitado, que lleva al debilitante para el crecimiento sectorial (Anríquez *et al.* 2016).

(6) FAO. Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar. Covid-19. <http://www.fao.org/family-farming/themes/covid/es/> Consultado el 05 de febrero de 2021.

(7) WIPO (World Intellectual Property Organization). Global Innovation Index 2020. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2020/ Consultado el 29 de enero de 2021.



debe crear un ambiente institucional que propicie el cambio en la forma de producir los alimentos, desde una lógica de “consumir lo que se produce a producir lo que se consume”, sin dejar de reconocer y gestionar la creciente heterogeneidad socioproductiva y diversidad institucional existente en la región.

Las nuevas tecnologías abren excelentes oportunidades. El actual desarrollo de aplicaciones de software (app) para el agro y el uso masivo de las redes sociales ha incrementado la circulación de información de base científica que antes no llegaba a la ciudadanía. Esto implica un gran cambio y un desafío para los organismos de CyT, que deben adaptarse y adecuarse a las necesidades locales y de los sistemas de producción y deben basarse en ciencia y evidencias para responder a los cuestionamientos que algunas de ellas pueden tener en la sociedad.

La atención de todos estos aspectos en un contexto financiero muy adverso como el actual replantea con fuerza los desafíos institucionales ya identificados por Sain *et al.* 2009, referidos a la necesidad de: a) aumentar y diversificar las inversiones en I+D, tanto públicas como privadas, directas o por medio de alianzas, sin las cuales será muy difícil alcanzar los ODS; b) desarrollar capacidades que incorporen los nuevos conocimientos y disciplinas para la aplicación de las tecnologías de punta, valorando lo ambiental, social y cultural; y c) fortalecer la organización institucional del sistema de I+D en los países, incluyendo la pública en su papel de promotor y generador de bienes públicos, pero también de las redes tanto a nivel país como regional e internacional que fomenten la cooperación técnica y financiera.

Con respecto al primero de los desafíos, Mateo (2019) agrega otra avenida para el financiamiento o el cofinanciamiento de la I+D, vinculado al sector filantrópico nacional o regional que está en una etapa de fuerte crecimiento. No obstante, llama la atención sobre el hecho de que en ALC el sector autóctono está menos estructurado y es menos conocido⁸ y que los aportes de los Estados Unidos y Europa vienen declinando hacia ALC en favor de regiones como África y el sur de Asia, caracterizadas por pobreza extrema. Para que la I+D agroalimentaria de ALC pueda capitalizar la oportunidad que brinda este sector, los países deberían establecer marcos legales modernos y reglas administrativas, operacionales y de control claras, además de generar los vínculos entre los donantes y los sectores y regiones interesados (Mateo 2019).

(8) A excepción de Brasil y México, que concentran alrededor del 50 % de las personas millonarias de ALC.

3

Oportunidades y desafíos para la I+D de la región en su contribución a las 5 Vías de Acción

El desarrollo y el uso de las nuevas tecnologías como la digital, la robótica, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la biotecnología y la nanotecnología están transformando los sistemas de producción y gobernanza de la agricultura y la alimentación en el mundo. Han modificado o reemplazado ciertos factores de producción y han producido impactos profundos y de alto espectro en la economía, en la organización social y el medio ambiente (Trigo *et al.* 2019). También ha ido creciendo la sinergia de los conocimientos agronómicos y ecológicos hacia enfoques holísticos para la gestión de los recursos naturales de los agroecosistemas (Andrade 2017). Estas tecnologías disruptivas aceleran los procesos, les agregan precisión, procesan gran cantidad de información y reducen los costos, lo cual facilita el desarrollo de innovaciones tecnológicas más baratas y con mayor velocidad.

A continuación, proponemos un conjunto de desafíos y oportunidades que requieren aportes de bases científicas sólidas, alternativas productivas y creatividad por parte de los sistemas de I+D agroalimentarios de la región. Si bien muchos de los temas forman parte de la agenda de los países de ALC, aún constituyen debates abiertos. Con base en objetivos de las 5 VA⁹, agrupamos la discusión en tres ejes complementarios, 1) productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos; 2) acceso y asequibilidad; y 3) calidad nutricional y salud.

3.1 Productividad y sostenibilidad de los alimentos

La mayor demanda global de alimentos, en cantidad y calidad, nutritivos, sanos, con bajo impacto ambiental y provenientes de sistemas de producción socialmente responsables, resultantes de fuerzas traccionadoras como son el crecimiento de la población y la migración, combinadas con procesos de urbanización y las modificaciones en los hábitos de consumo provocados por el incremento en los ingresos de ciertos sectores y regiones (Von Braun *et al.* 2020), no puede ser cubierta por la

(9) VA1: Garantizar el acceso a alimentos sanos y nutritivos para todos; VA2: Adoptar modalidades de consumo sostenibles; VA3: Impulsar la producción favorable a la naturaleza; VA4: Promover medios de vida equitativos; VA5: Crear resiliencia ante las vulnerabilidades, las conmociones y las tensiones (von Braun *et al.* 2020).

expansión de la frontera agrícola. La respuesta está en el aumento en la eficiencia productiva por unidad de superficie, basado en nuevos conocimientos que requieren de I+D.

El desafío de la intensificación sostenible

Los procesos de intensificación sostenible iniciados hace 20 años en muchos de los países de ALC requieren de mayor conocimiento y alternativas de nuevos modelos de producción que agreguen valor ambiental a los productos de la región y tiendan a una mejora gradual de la eficiencia ecológica. Se espera que a través de tecnologías reduzcan la dependencia de insumos externos y de recursos no renovables, mantengan y mejoren los recursos naturales, aumenten la productividad y rentabilidad con menor impacto ambiental y favorezcan la equidad e inclusión social (PROCISUR 2016).

Es importante la integración de visiones y conceptos que hoy no son entendidos de forma unívoca, pero que persiguen el mismo objetivo de tornar más sostenibles a los necesarios procesos de intensificación, de modo que incluyan sistemas totalmente agroecológicos y sistemas tradicionales en que se incorporen las tecnologías verdes. Los procesos de intensificación deben adecuarse a las condiciones agroecológicas, a los distintos sistemas de producción y al tamaño de los agricultores de cada zona o región.

Una prioridad para la agenda de I+D consiste en generar y validar indicadores que monitoreen y evalúen la sostenibilidad de estos procesos en los ámbitos local y regional. Para ello, se precisa contar con equipos de investigación multidisciplinarios y con la participación de actores de dentro y de fuera del sistema de CyT, con el fin de considerar todas las dimensiones de la sostenibilidad y sus atributos, así como las características socioecológicas de los procesos a evaluar (Aristide *et al.* 2020). La obtención, medición y evaluación de indicadores de sostenibilidad propios y de base científica local posicionarán a los países frente a los indicadores globales que se generan en ámbitos internacionales, con información real del impacto de la producción de alimentos sobre la salud del planeta en seis de sus dimensiones: gases de efecto invernadero (GEI), uso del suelo, uso del agua, uso del nitrógeno (N) y del fósforo (P) y la biodiversidad (Herrero *et al.* 2020). En este sentido, las tecnologías digitales, a través de sensores remotos, drones e imágenes satelitales, constituyen una oportunidad para favorecer la obtención rápida y en tiempo real de muchos de los indicadores que se prioricen. Así se disminuirán los tiempos para la toma de decisión en el manejo de los sistemas productivos y se brindará contenido apropiado a los instrumentos de política pública y normativa, entre otros beneficios.

También se vuelve necesario democratizar la información y el conocimiento y buscar alternativas para disminuir las brechas de acceso y uso a esas tecnologías por parte de la población rural.

La sostenibilidad de los sistemas ganaderos

Independientemente de la intensidad de las tendencias actuales (Glopan 2020), la proteína animal es un componente básico de la dieta humana. Aporta vitaminas, minerales y aminoácidos indispensables para el organismo (IICA 2020a y b). Por otra parte, la actividad ganadera es una actividad central de muchas de las economías de la región, incluyendo aquellas donde predomina la AF. Asimismo, es un componente clave para el mantenimiento de los pastizales y brinda servicios ecosistémicos importantes¹⁰ (Oyhantçabal *et al.* 2010).

Esto hace que la sostenibilidad de los sistemas ganaderos sea un desafío constante en los países de ALC, por lo que es urgente continuar generando evidencia científica, tecnologías y prácticas de manejo que reduzcan las emisiones de GEI¹¹, el uso de agua dulce y de tierras agrícolas, así como que velen por el bienestar animal. Muchos países y subregiones con proyectos de I+D colaborativos están realizando investigaciones en temas como la dieta, el manejo y la genética del animal, así como sobre los servicios ecosistémicos.

En este sentido, vale resaltar la recopilación de evidencias sobre el impacto de la cantidad y la calidad de la dieta en la reducción de las emisiones de metano¹², así como los avances en los siguientes campos: a) nutrición animal, como resultado de los desarrollos en alimentación de precisión, la exploración del microbioma de los animales y la evaluación e incorporación de nuevos insumos para la alimentación; b) el mejoramiento genético de los animales por selección genómica de características de eficiencia en la utilización del alimento¹³ c) el uso de técnicas avanzadas de reproducción y métodos de mejoramiento de precisión, y d) el bienestar animal, que es una exigencia cada vez mayor de los mercados internacionales, entre otros. Se deben continuar y profundizar las investigaciones en buenas prácticas de manejo, nutricionales y sanitarias (IICA 2020a), y también, más recientemente, en el uso las nuevas técnicas biotecnológicas¹⁴.

(10) Tales como, mantenimiento o incremento de los reservorios de carbono, prevención de la erosión, producción de abonos verdes, mejora de la calidad del agua y mantenimiento de la biodiversidad animal y vegetal (Oyhantçabal 2010).

(11) La ganadería es responsable por el 57 % de las emisiones generadas por sector agropecuario de ALC (FAO 2020a).

(12) Algunas evidencias recogidas en sistemas ganaderos de Uruguay demuestran que dietas de alta calidad (bajo porcentaje de fibras y alta digestibilidad) con acceso a agua fresca y limpia, pueden reducir las emisiones de metano hasta en un 14% por kg de materia seca que ingiere cada animal (Dini *et al.* 2017).

(13) Se han registrado disminuciones de hasta 25 % menos metano que animales de baja eficiencia (Dini *et al.* 2017).

(14) Más recientemente, se está trabajando en la aplicación de la edición génica para contribuir con la mejora en las condiciones de vida del animal. Un ejemplo, citado por Feingold *et al.* (2017) es la obtención de ganado sin cuernos.

Asimismo, los impactos de los sistemas integrados¹⁵ en la producción ganadera de carbono neutro vienen arrojando resultados exitosos. Un ejemplo de esto es la creación de la marca-concepto “carne carbono neutro” (Alves *et al.* 2015) creada por la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), que, en el 2020, junto a la empresa Marfrig, lanzó una nueva línea de carne al mercado brasileño (línea Viva), con atributos de sostenibilidad. Los sistemas integrados no solo aportan a la sostenibilidad ambiental, sino también a la generación de ingresos para los pequeños productores, lo que favorece su arraigo y reduce los procesos migratorios internos campo/ciudad.

La oportunidad de bioeconomía y la economía circular

El nuevo paradigma de la bioeconomía requiere de capacidades de I+D para desarrollar tecnologías y nuevas alternativas que sustituyan de forma progresiva los productos derivados de combustibles fósiles por recursos renovables de origen biológico y minimicen las pérdidas a lo largo de la cadena de valor, de modo de hacer más eficiente el uso de la biomasa para la producción de alimentos y energía (Rodríguez *et al.* 2019). ALC tiene un gran potencial para basar sus estrategias de desarrollo en la bioeconomía, junto con la economía circular, dado que es una de las plataformas fotosintéticas más importantes del mundo y cuenta con una variada disponibilidad de potenciales insumos biológicos subaprovechados¹⁶.

El aumento de la productividad que genera menos residuos es una condicionante para la sostenibilidad de los sistemas, aunque también provoca costos para su tratamiento. Por ello es necesario más conocimientos sobre la relación costo-beneficio en la producción de bioinsumos y fuentes renovables de energía.

El desarrollo de mecanismos de integración más cercanos de los sistemas de producción y comercialización en circuitos cortos agroalimentarios llevaría a reducir las pérdidas, principalmente de alimentos frescos, lo que involucra cambios en los patrones de consumo.

La recirculación de subproductos y la reutilización de los residuos en la cadena de valor alimentaria u otros sectores, requiere de mayores evidencias de la I+D sobre su impacto en la provisión de servicios ecosistémicos en la producción agroalimentaria, la mitigación del cambio climático, la recuperación de suelos y la disminución en la contaminación del agua, suelo y aire, entre otros (Rodríguez *et al.* 2019).

(15) Los sistemas integrados enfocados en la ganadería bovina en práctica en países de ALC son integración agrícola-ganadera, ganadera-forestal y agrícola-ganadera-forestal (Almeida 2017).

(16) ALC presenta altos porcentajes de pérdidas y desperdicios en la cadena de valor (36 %). Concentra la mayor parte en la etapa productiva como consecuencia del retraso tecnológico, escasez en infraestructura, en conocimientos y en inversiones en la producción (PROCISUR 2019).

La sustitución de combustibles fósiles continúa en un debate abierto, con evaluaciones pobres sobre los impactos y *trade-off* ambientales y sociales del uso del suelo agrícola para producción de alimentos y para la producción de energía. Las discusiones resurgen en función de los precios internacionales del petróleo, por lo que se requiere de conocimiento científico del impacto a largo plazo de la producción de biocombustibles. Es necesario seguir fortaleciendo el desarrollo de alternativas que no compitan con la producción de alimentos, como la biomasa lignocelulósica para la producción de bioetanol, de la que ya hay investigaciones en marcha hace varios años. También se deben desarrollar y validar metodologías de evaluación del impacto ambiental, social y económico y del balance energético (Salles *et al.* 2009).

La adaptación al cambio climático

Como consecuencia del cambio climático, el número y la intensidad de los desastres naturales en los países de ALC se han intensificado en los últimos años y se han manifestado especialmente en forma de fenómenos climatológicos como las sequías y las inundaciones. Dada la interdependencia entre el clima y la agricultura, el aumento de estos fenómenos ha impactado en la productividad agrícola y la resiliencia de la región. A su vez, el incremento de las concentraciones de GEI genera el incremento de las temperaturas (del aire y del océano) y, consecuentemente, propicia las condiciones para el desarrollo de plagas y enfermedades agrícolas transfronterizas, que de no ser prevenidas a tiempo pueden poner en jaque el estatus sanitario de los países y la región, que hoy garantiza la comercialización de alimentos inocuos (PROCISUR 2019). Estos efectos se ven agravados por la importante erosión genética que sufren los agroecosistemas de ALC, lo cual se vincula con pérdida de bosques nativos, de diversidad de especies y de vida biológica en los suelos agrícolas.

En este sentido, es necesario fortalecer la I+D utilizando prácticas de mejoramiento genético convencional y la aplicación de las nuevas tecnologías para la adaptación de cultivos a condiciones de estreses abióticos (eventos climáticos extremos) y bióticos (emergencia y re-emergencia de plagas y enfermedades), buscando una mayor estabilidad frente a eventos climáticos extremos.

Por otro lado, la variabilidad en el clima, generada principalmente por temperaturas, humedad ambiente y precipitaciones por encima de las medias históricas, ha modificado el comportamiento y la distribución de plagas y enfermedades que afectan la producción agropecuaria. Se identifican, entre otros, resistencia de ciertas malezas al uso de herbicidas, la resistencia de algunos insectos a eventos del cultivo diseñados para controlarlos, así como la resistencia de ciertos patógenos al uso de antimicrobianos, que va mucho más allá de la resistencia natural.

El estudio a campo de estos comportamientos, sumado al uso de imágenes satelitales y otras tecnologías digitales, permite el desarrollo de modelos de alerta temprana y gestión del riesgo, estudio de las poblaciones de flora y fauna locales, entre otras oportunidades. El desarrollo de prácticas y estándares de monitoreo, prevención y control de las enfermedades, como el manejo integrado de plagas

y el control biológico, contribuye con la sanidad e inocuidad de productos y alimentos (Salles *et al.* 2009). El uso de imágenes satelitales y drones permite el monitoreo de los datos a distancia y en tiempo real y ayuda a modelizar los ciclos de los cultivos con la identificación de estados de umbral crítico de cultivos, entre otros, para lo cual se requieren de conocimientos básicos generados a campo y desde la CyT.

El manejo de los suelos y el agua

La gestión integrada de los suelos, el agua, las plantas y los nutrientes es una urgencia ante los procesos de intensificación sostenible antes mencionados y la degradación y escasez de estos recursos en el mundo y específicamente en ALC.

Desde hace 30 años, la I+D convirtió a la agricultura de precisión en una herramienta que permite una mayor eficiencia en el manejo de los recursos. Cuantifica la variabilidad espacial y temporal, busca reducir el impacto sobre el medio ambiente, mejora las condiciones de trabajo, aumenta la productividad y calidad de la producción y reduce los costos de la producción de alimentos (Bongiovanni *et al.* 2006). Las nuevas tecnologías, vinculadas con la industria 4.0, como los sistemas de internet de las cosas dotados de sensores de variables fisicoquímicas, la inteligencia artificial, la robótica, el *big data*, los drones, sensores remotos, sistemas de visión artificial, apps y software brindan nuevos espacios para ampliar los beneficios de un manejo más inteligente. Por ello, nuevos conocimientos deben generarse desde la CyT. Además de estas tecnologías, las técnicas nucleares también constituyen una herramienta para la definición de estrategias y el desarrollo de prácticas sostenibles que mejoren la gestión del suelo y del agua.

La actual crisis por la Covid-19 ha intensificado los problemas de escasez de mano de obra en el campo y es esperable que también imponga estándares más altos a toda la cadena alimentaria. La generación de capacidades en los países de ALC para optimizar el uso de estas tecnologías en la I+D y en la cooperación regional será un elemento clave para que la región se inserte en la agricultura 4.0. y así contribuya con los ODS.

Sobre el manejo de los suelos

Los suelos son esenciales para la producción primaria y su salud. Son la base para garantizar alimentos nutritivos y de calidad para los animales y los seres humanos (el 95 % de los alimentos se produce en el suelo). En ALC el 50 % de los suelos cultivables está sufriendo procesos de degradación, más de la mitad por deforestación y el resto debido a cambios en el uso y manejo del suelo, lo cual genera erosión, pérdida de fertilidad química, física y biológica, contaminación, entre otros (FAO *et al.* 2015). Sin embargo, la aplicación de prácticas conserva-

cionistas y la siembra directa han resultado en una significativa recuperación de los suelos utilizados para agricultura extensiva.

Los suelos involucran varios ciclos y dinámicas relacionados a la mitigación de las emisiones de GEI, a través del secuestro de carbono atmosférico, la disponibilidad y calidad del agua y los ciclos de nutrientes (Lal 2019). Mantenerlos saludables es vital para la sostenibilidad ecológica, la resiliencia de los sistemas alimentarios y la seguridad alimentaria de los países de ALC.

Se requiere de I+D para detener y neutralizar los impactos de la pérdida y degradación de los suelos, a través de más conocimientos y evidencia científica sobre prácticas de restauración, regeneración, sistemas agroforestales y alternativas como la agricultura regenerativa o el uso de cultivos de servicios, que permiten, entre otras cosas, diversificar los sistemas.

Sobre el manejo del agua

El mayor usuario de agua en el mundo es el sector agropecuario. En la agricultura se ocupa el 70 % del agua que se extrae (Banco Mundial)¹⁷. La disponibilidad por persona viene disminuyendo en los últimos años (más de 20 % durante los dos últimos decenios a nivel mundial). Se espera un incremento inminente en la competencia por los recursos hídricos. Según FAO (2020b), será fundamental mejorar la gestión del agua, evitando la contaminación de las napas y la escasez, con el apoyo de una gobernanza eficaz e instituciones sólidas para garantizar la seguridad y la nutrición mundial y contribuir al logro de los ODS.

La obtención de variedades de cultivos resistentes a los estreses hídricos a través del mejoramiento genético tradicional deberá mantenerse como prioridad en la agenda de los países de ALC. Más recientemente, la aplicación de la técnica de CRISP-CAS9 ha mostrado su capacidad para desarrollar nuevas variedades productivas y resistentes, lo que será clave para abastecer la mayor demanda de alimentos y los desafíos del cambio climático en menor tiempo y a menor costo (Merele *et al.* 2019).¹⁸

Otras acciones de I+D se vinculan con la obtención de mejores prácticas agronómicas para la recogida y conservación del agua en zonas de secano y la aplicación de sistemas de riego cada vez más modernos y sostenibles en zonas de regadío. La variabilidad que enfrenta la agricultura de secano agudiza las disputas por el agua y la desigualdad en el acceso, lo que afecta particularmente a las poblaciones más vulnerables, la AF y la población rural pobre y demanda, además,

(17) Banco Mundial. Entiendo a la pobreza / Temas. El agua en la agricultura. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture> Consultado el 5 de febrero de 2021.

(18) Un ejemplo es la obtención del maíz GE más productivo que la variedad original en condiciones de sequía y similar en condiciones normales (Shi *et al.* 2017, citado por Merele *et al.* 2019).

prácticas y tecnologías apropiadas, políticas y gobernanza que equilibren estas fuerzas. La agricultura de riego, que aporta el 40 % de los alimentos producidos en el mundo, representa el 20 % del total de la superficie cultivada y es en promedio dos veces más productiva por unidad de tierra. Esta desempeñará un papel fundamental en la mitigación de la vulnerabilidad climática y la diversificación de los cultivos.

Adicionalmente, son imprescindibles investigaciones que sustenten la mejora de los instrumentos para la fijación de precios y asignación del agua, favorezcan su gestión eficaz y garanticen un acceso equitativo y sostenible (FAO 2020b).

3.2 Acceso y asequibilidad

Como se plantea en las 5 VA, no se trata solamente de producir más, sino también de asegurar el acceso a los alimentos por parte de la población. Los alimentos deben llegar a los consumidores en condiciones de calidad nutricional e inocuidad, pero también respetando sus culturas y hábitos de consumo.

Los sistemas de CyT agroalimentaria tienen el desafío de generar tecnologías, fundamentalmente de proceso y de base digital, para la integración de los actores de la producción, industria y logística de alimentos para diversos canales de abastecimiento.

Estos tiempos de pandemia, de aislamiento y mínima movilidad de las personas han permitido conocer y poner en valor las ventajas de los circuitos cortos de comercialización y de las producciones periurbanas en toda su diversidad. En los circuitos cortos de abastecimiento, el trato más directo aumenta las posibilidades de conocer los gustos y las preferencias de los consumidores y sus posibilidades económicas de asequibilidad (Rodríguez *et al.* 2016). Un desafío para el sistema de I+D+i es fortalecer las economías locales mediante la generación de tecnologías y procesos que se adecuen a este tipo de estrategias de mercados de proximidad y que aporten a la trazabilidad, inocuidad y calidad de los alimentos, con responsabilidad social y con normas de seguridad e higiene.

Por su parte, el comercio digital ha sido una de las alternativas más usadas por los agricultores familiares en estos tiempos y su gestión es un atractivo para los jóvenes.

Por otro lado, las grandes concentraciones urbanas movilizan grandes volúmenes de alimentos, que en ocasiones provienen de economías regionales y luego son transportados a grandes distancias. Intervienen otros actores que pueden ser locales, nacionales o multinacionales, para lo cual utilizan otros recursos respecto a los utilizados por la producción con destino a los circuitos cortos de proximidad.

Las condiciones y limitantes para la comercialización son muy diferentes entre las grandes cadenas de abastecimiento y aquellas locales. Atienden diversos sectores de la población y precisan de conocimientos y políticas públicas diferentes para generar un entramado de abastecimiento que busque generar sinergia.

A su vez, las tendencias de consumo han variado notablemente en los últimos tiempos, con un mayor involucramiento por parte de consumidores en la elección de los alimentos. Esto incorpora investigaciones con otros enfoques multidisciplinares que aún no han sido suficientemente abordados por el sistema de CyT de los países de ALC, estudios sobre consumo y las consecuentes adaptaciones en todas las etapas de la producción y elaboración de los alimentos, como sistemas de trazabilidad, manejos más amigables con el ambiente, sistemas de certificación con participación ciudadana, etiquetados nutricionales, utilización de técnicas de la economía circular, entre otros. En este mismo orden, se necesita comunicar más y mejor sobre las ventajas comparativas de la región para producir alimentos nutritivos, considerando el buen manejo ambiental y el cuidado del medio ambiente y basándose en información científica.

En cuanto a asequibilidad, se requieren mayores conocimientos sobre formación de precios vinculados a la identidad cultural y a condiciones sociales que influyen en la elección de los alimentos y en la comensalidad.

3.3 Calidad nutricional y salud

Considerando las 5 VA y algunas de las metas del ODS 2 de Hambre Cero, la agenda de I+D agroalimentaria debe orientar los aportes científico-tecnológicos y de innovación para atender aspectos que contribuyan al concepto de “Una Salud”, como la producción de alimentos nutritivos para una dieta saludable y para el cuidado de la salud humana y animal, más urgente ahora como consecuencia de la pandemia de la Covid-19.

En este sentido, la I+D debe alinear esfuerzos con la industria agroalimentaria que, como plantean Le Vallée *et al.* (2018), viene evolucionando, tecnológica y organizacionalmente, hacia una era digital de fabricación inteligente (Industria 4.0), que utilizará la internet de las cosas, la inteligencia artificial, el *big data* y estará conectada en la nube. Estas tecnologías ayudan a proporcionar información pertinente y oportuna sobre los productos y alimentos en sí (saludables, seguros, deliciosos y nutritivos), sobre la forma en que se producen y entregan (sostenible, rastreable y confiable) y sobre las preferencias y cambios en el consumo.

En relación con la calidad nutricional, técnicas como la edición génica (EG) tienen el potencial de modificar de forma relativamente rápida la composición química

o nutricional de los productos alimenticios, como cultivos, hongos y animales¹⁹. En cultivos de propagación clonal como la papa²⁰, el banano, la yuca, la caña de azúcar o la vid, entre otros, la utilización de la EG permite realizar mejoras específicas sobre genotipos élite. En especies animales, se pueden lograr marcados aumentos en la eficiencia productiva, resistencia a enfermedades y mayor calidad nutricional (Feingold *et al.* 2017). Esta técnica puede ser aplicada en los cultivos tradicionales y productos alimenticios básicos de alta participación en la dieta, pero también es una oportunidad para cultivos y especies animales menos atendidas (Salles *et al.* 2019). Melero *et al.* (2019) destacan el potencial de la técnica para acelerar procesos de domesticación de plantas y así contribuir a preservar la biodiversidad.

A su vez, la aparición de nuevos consumidores que demandan alimentos con aportes directos a la salud y la necesidad de las empresas de invertir en el desarrollo de nuevos alimentos que provienen de la biodiversidad han motivado en la región el desarrollo de alimentos funcionales, así como esfuerzos para fundamentar el atributo de saludable mediante métodos experimentales validados (Descalzo *et al.* 2012).

La EG, nuevamente, ofrece oportunidades. Ejemplos de estas son la generación de una variedad de arroz con una proporción de amilosa 10 % superior que ayuda a prevenir infecciones serias y a reducir el índice glucémico (Melero *et al.* 2019)²¹ y la generación de animales que producen leche con mayor proporción de ácido linoleico conjugado y de proteínas beneficiosas para la salud humana – o con inhibición en la secreción de proteínas alergénicas como la beta-lactoglobulina (Feingold *et al.* 2017). Los productos lácteos juegan un papel importante en este contexto (IICA 2020a), pero también es necesario profundizar la I+D en otras materias primas con posibilidades para agregar valor e integrarse a los complejos agroindustriales, analizando las oportunidades de nichos de mercado.

Alimentos de la agricultura orgánica y de la agroecología, considerados por los consumidores como alimentos más saludables, se configuran como una excelente oportunidad de mercado para un conjunto de productores, pero demandan más conocimientos. La I+D deberá continuar desarrollando procedimientos y protocolos de monitoreo y control de los procesos de producción, prácticas y estándares de monitoreo, prevención y control de plagas y enfermedades, como el manejo integrado de plagas y el control biológico (Salles *et al.* 2009) e investigaciones sobre la productividad y rentabilidad de los sistemas y sobre la percepción del consumidor respecto gustos y sabores. Se requieren espacios de diálogo

(19) En el Cono Sur existen grupos de investigación vegetal con trabajos en especies frutales como *Vitis* y *Prunus* en INIA-Chile, *Citrus* en INIA-Uruguay, papa en INTA-Argentina e INIA-Chile, soja en INIA-Uruguay y EMBRAPA-Brasil, caña de azúcar, alfalfa en INTA-Argentina y *Setaria* en EMBRAPA-Brasil. En animales, hay equipos con proyectos para obtener leche de mejor calidad en INTA-Argentina y para incrementar la masa muscular en bovinos en EMBRAPA-Brasil (Feingold 2017).

(20) El INTA de Argentina está trabajando en la calidad nutricional e industrial de la papa con genes por editar o editados directamente relacionados con pardeamientos oxidativos y endulzamiento inducido por frío.

(21) En referencia al trabajo realizado por el equipo de Sun *et al.*, 2017.

entre las visiones más “urbanas” y las visiones de los productores sobre sus maneras de producir, con el fin de generar conocimiento para la toma de decisiones. La posibilidad que brinda el consumo segmentado (para bebés, para adultos, para deportistas, para celíacos, ente otros) es una oportunidad poco explorada en América Latina.

Complementariamente, la I+D debe profundizar en los estudios sobre los impactos de la agricultura y la ganadería en la salud humana y las enfermedades asociadas a alimentos, tanto con respecto a la salud del consumidor como a la del productor.

4

Reflexiones finales

Enfocar la I+D en sistemas alimentarios, donde ya no se consume lo que se produce, sino que se produce lo que se consume, implica grandes oportunidades para la región de ALC y en el trayecto debe reducir las importantes brechas en productividad que presentan los países. Las opciones que brinda el escenario científico-tecnológico actual incluyen el uso de las nuevas tecnologías de mejoramiento genético como la edición génica, las aplicaciones de tecnologías basadas en robots, drones, sensores, inteligencia artificial, internet de las cosas, *big data*, así como una creciente integración de visiones holísticas de los agroecosistemas. Cada uno de los desafíos y oportunidades identificados para la I+D agroalimentaria de los países de ALC puede aplicar las nuevas tecnologías y aprovechar los beneficios que brindan.

Con el fin de enfrentar las amenazas pre y post Covid-19 y así aprovechar las oportunidades mencionadas, se requieren decisiones estratégicas que permitan asegurar los necesarios niveles de inversión en I+D –hoy dramáticamente por debajo de lo que ocurre en otras áreas del mundo– y mejorar el desempeño de las instituciones de I+D y de todo el sistema innovador en la región. Para ello, es imprescindible revisar los esquemas institucionales vigentes, no solo para fortalecer las capacidades en nuevos campos de conocimientos y tecnologías emergentes, sino también para que los productores adquieran las habilidades para aprovecharlas de forma efectiva. La I+D debe generar conocimientos y colocarlos en contexto para empoderar a los productores de los cambios que se requieren para hacer los sistemas alimentarios más sostenibles. Estos esfuerzos adquieren singular importancia en los países de menor tamaño, que carecen de capacidades endógenas especializadas para enfrentar estas tareas o que presentan economías muy deterioradas por la pandemia.

Es fundamental tomar compromisos institucionales para la incorporación de las perspectivas de género, juventud y pueblos originarios, de modo que se generen incentivos a una mayor participación que enriquece el cúmulo de visiones, conocimientos y estrategias para el desarrollo tecnológico (Bello *et al.* 2021). También es imprescindible recuperar los conocimientos tácitos de las comunidades locales para poner en valor el aporte de las comunidades, sus saberes y prácticas en la construcción de soluciones innovadoras, reconociendo la gran diversidad de culturas y sistemas de producción existente en la región.

La conducción de estas transformaciones precisa de la presencia del Estado en el territorio rural, tanto por medio de los sistemas de I+D y extensión como de políticas que creen un ambiente institucional estable e infraestructura propicias para la innovación. La integración entre el sistema de CyT y el político es una condición *sine qua non* para la promoción del desarrollo sostenible y equitativo. Es imperativo generar evidencia que sustente la toma de decisiones, maximice sus resultados y minimice los costos de implementación de políticas públicas que fomenten la innovación competitiva e inclusiva (Arias *et al.* 2021). Son necesarias mejores políticas, más innovación, mayor inversión e inclusión para consolidar sistemas agropecuarios y alimentos productivos y resilientes. Además, el modelo de gobernanza del sistema de I+D+i agroalimentario de los países de ALC debe estimular una mayor participación del sector privado, empresarial, de fundaciones, universidades y de las comunidades agrícolas y rurales, debiendo integrar también al ámbito de decisión político-técnico, no solo de los ministerios directamente vinculados con el sector, sino también con el de salud, economía y medio ambiente. Y como plantea FONTAGRO (2019:12) “todo ello desde un enfoque de no rivalidad, sino de sinergias entre los esfuerzos públicos y privados”.

La región de ALC es un gran contribuyente a la seguridad alimentaria global y su plataforma de producción se monta sobre avances de la I+D agroalimentaria en la sostenibilidad de sus sistemas productivos. El sector agropecuario es el que más tiene para aportar a las transformaciones de los sistemas alimentarios y, en este sentido, el actual escenario de la CyT constituye un instrumento muy potente para el logro de los ODS.

Persiste la interrogante de si los recursos institucionales, financieros y aptitudinales de la región y los procesos de cambio organizacional y de políticas por los que están transitando serán suficientes para aprovechar estas oportunidades. La cooperación entre países es una pieza clave, así como una institucionalidad en torno a los sistemas de I+D robusta y solvente. La pandemia ha reforzado la importancia del trabajo colaborativo y de la institucionalidad regional y hemisférica. La forma de generar conocimientos y tecnologías de impacto a través de la innovación debe apuntar al trabajo colaborativo, con alianzas público-privadas, a la multi y trans-disciplinariedad y participación de actores de la economía de fuera del sector. Como lo plantean FAO *et al.* (2020), la crisis generada por la Covid-19 también abre un conjunto de oportunidades para transformar la producción primaria y la sostenibilidad y resiliencia del sector agroalimentario de los países. Ahora depende del trabajo colectivo aprovechar estas oportunidades.

5

Referencias bibliográficas

- **Albuquerque, ACS; Silva, AG** (eds.). 2008. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas I editores técnicos. Brasília. DF: Embrapa Informação Tecnológica. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/906945>.
- **Almeida, R.** 2017. Integración agrícola-ganadera-forestal con enfoque en ganado de carne. Conference paper. Research Gate. Consultado 4 feb. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/320958975_INTEGRACION_AGRICOLA-GANADERA-FORESTAL_CON_ENFOQUE_AL_GANADO_DE_CARNE.
- **Alves, FV; Almeida, RG; Laura, VA** (eds.). 2015. Carne carbono neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1983-974X; 210. Campo Grande, MS. 29 p. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203141/1/Carne-carbono-neutro-1.pdf>.
- **Andrade, F** (comp.). 2017. Los desafíos de la agricultura argentina. Ed. INTA. Consultado 18 ene. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/lib_desa_osagricultura_2017_online_b.pdf
- **Anríquez, G; Foster, W; Ortega, J; Falconi, C; De Salvo, CP.** 2016. Gasto público y desempeño de la agricultura en América Latina y el Caribe. Documento de trabajo del BID; 722. Consultado 18 mar. 2021. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gasto-p%C3%BAblico-y-el-desempe%C3%B1o-de-la-agricultura-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>.
- **Arias, J; Piñeiro, V; Elverdin, P.** 2021. Transformar el conocimiento en evidencia para la transformación sostenible de los sistemas alimentarios de América Latina y el Caribe (en línea, sitio web). Consultado 24 mar. 2021. Disponible en <https://blog.iica.int/blog/transformar-conocimiento-en-evidencia-para-transformacion-sostenible-los-sistemas-alimentarios> (BLOG IICA).
- **Aristide, P; Cittadini, E; Blumetto, O; Giobellina, B; Ledesma, S; Ovalle, C; Marchao, R; Caballero, PJ; Osman, A; Tittonell, P.** 2020. Variables claves para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios: hacia un sistema de indicadores de Intensificación Sostenible en el Cono Sur. Uruguay, PROCISUR/ IICA. Consultado 03 feb. 2020. Disponible en https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_librovariables_a8e.pdf.
- **Bello, A; Blowers, T; Schneegans, S; Straza, T.** 2021. To be smart, the digital revolution will need to be inclusive: excerpt from the UNESCO science report. Paris,

UNESCO. 29 p. Consultado 10 feb. 2021. Disponible en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375429>.

- **Bongiovanni, R; Montovani, EC; Best, S; Roel, A.** 2006. Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable Montevideo, PROCISUR/IICA. 244 p. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en <http://www.procisur.org.uy/adjuntos/135050.pdf>.
- **CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica).** 2013. Perspectivas de la agricultura y el desarrollo en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe: 2014. Costa Rica, IICA. 230 p.
- **Cornell University (Estados Unidos); INSEAD (Institut européen d'administration des affaires, Francia); WIPO (World Intellectual Property Organization, Suiza).** 2020. The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation? Ithaca, Fontainebleau and Geneva. Consultado 30 ene. 2021. Disponible en https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2020.pdf.
- **Descalzo, AM; Rossetti, L; Páez, R; Grigioni, G; García, PT; Costabel, L; Negri, L; Antonacci, L; Salado, E; Bretschneider, G; Gagliostro, G; Comerón, E; Taverna, MA.** 2012. Chapter 15. Differential Characteristics of Milk Produced in Grazing Systems and Their Impact on Dairy Products. Milk Production - Advanced Genetic Traits, Cellular Mechanism, Animal Management and Health. 340-368 p. 10.5772/2475. Consultado 09 feb. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/268872352_DESCALZO_A_ROSSETTI_L_PAEZ_R_GRIGIONI_G_GARCIA_PT_COSTABEL_L_NEGRI_L_ANTIACCI_L_SALADO_EE_COMERON_E_TAVERNA_M_Chapter_15_Differential_Characteristics_of_Milk_Produced_in_Grazing_Systems_and_Their_Impact.
- **Dini, Y; Gere, J; Cajarville, C; Ciganda, V.** 2017. Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America. Animal Production Science. Disponible en <https://doi.org/10.1071/AN16803>.
- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia).** 2020a. FAOSTAT. Datos sobre alimentación y agricultura. Consultado 18 ene. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia).** 2020b. The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb1447en>.
- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile).** 2020. Sistemas alimentarios y Covid-19 en América Latina y el Caribe: impactos y oportunidades para la producción de alimentos frescos. Boletín N° 11. 29/07/2020. 24 p. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45897/1/cb0501_es.pdf.

- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola).** 2019. Poner el foco en los agricultores familiares para cumplir con los ODS. Decenio de las Naciones Unidas de la Agricultura Familiar. 2019 – 2028. Consultado 20 ene. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca4532es/ca4532es.pdf>.
- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); IFAD (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Italia); UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Estados Unidos); WFP (Programa Mundial de Alimentos, Italia); WHO (Organización Mundial de la Salud, Suiza).** 2020. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. <https://doi.org/10.4060/ca9692en>. Consultado 18 ene. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca9692en/CA9692EN.pdf>.
- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); ITPS (Intergovernmental Technical Panel on Soils, Italia).** 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Consultado 12 feb. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf>.
- **Feingold, S; Eyherabide, G; Nepomuceno, A; Molinari, H; Hinrichsen, P; Barba, P; Cardozo, L; Dujack, C; Bonnecarrere, V; Ceretta, S.** 2017. Edición Génica: una oportunidad para la región. PROCISUR. 6 p. Consultado 02 feb. 2021. Disponible en http://www.procisur.org.uy/adjuntos/e98fe6434edb_-Genica-PROCISUR.pdf.
- **FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, Estados Unidos).** 2019. Gobernanza del sistema de conocimiento e innovación en agricultura de los países de Iberoamérica. Presente y futuro. BID. Nueva York. 74 p. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en <https://www.fontagro.org/es/publicaciones/publicaciones-fontagro/gobernanza-del-sistema-de-conocimiento-e-innovacion-en-agricultura-de-los-paises-de-iberoamerica-presente-y-futuro/>.
- **Fuglie, K.** 2016. The growing role of the private sector in agricultural research and development world-wide. *Global Food Security*, (10):29-38. Consultado 18 ene. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/306417909_The_growing_role_of_the_private_sector_in_agricultural_research_and_development_world-wide.
- **Glopan (Global Panel on Agricultural and Food Systems for Nutrition, Inglaterra).** 2020. Foresight 2.0. Future Food Systems: for people, our planet and prosperity. 204 p. Consultado 10 dic. 2020. Disponible en <https://foresight.glopan.org>.
- **Herrero, M; Hugas, M; Lele, U; Wira, A; Torero, M.** 2020. Shift to Healthy and Sustainable Consumption Patterns – a paper on Action Track 2. Draft for discussion. 15 p.
- **IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica).** 2020a. Dairy's Role in a Responsible and Sustainable Food System. San José. Costa Rica. 36 p.

- **IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica).** 2020b. La importancia de la producción pecuaria y la proteína animal: una perspectiva del hemisferio occidental. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://iica.int/es/prensa/eventos/la-importancia-de-la-produccion-pecuaria-y-la-proteina-animal-una-perspectiva-del-##presentations>.
- **Lal, R.** 2019. Managing soils for resolving the conflict between agriculture and Nature: The hard talk. *Eur.J.Soil Sci.* DOI:10.1111/ejss.12857
- **Le Vallée, JC; Burt, M; Bond, S.** 2018. Possible Food Futures: Growth Pathways to 2030 for Canada's Agri-Food Industry. Presented to: Innovation, Science, and Economic Development Canada. Final Report. The Conference Board of Canada. Custom Report. 27 p.
- **Mateo, N.** 2019. El sector filantrópico: ¿Nueva frontera para financiar investigación e innovación agrícola, forestal y ambiental? *Revista de ciencias ambientales*, 53(1):171-181. Disponible en <https://doi.org/10.15359/rca.53-1.10>.
- **Melero, S; Martínez-García, N; Centeno, ML.** 2019. Edición genética por CRISPR-Cas y sus aplicaciones en la mejora de los cultivos. *AmbioCiencias*, (17):14-31.
- **Nin-Prat, A; Falconi, C; Ludena, CE; Martel, P.** 2015. Productivity and the performance of agriculture in Latin American and the Caribbean: from the lost decade to the commodity boom. *Inter-American Development Bank Working Paper, IDB-WP (608)*, Washington D.C. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Productivity-and-the-Performance-of-Agriculture-in-Latin-America-and-the-Caribbean-From-the-Lost-Decade-to-the-Commodity-Boom.pdf>.
- **OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Francia); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia).** 2020. *Perspectivas agrícolas 2020 2029*, OECD Publishing, Paris. Disponible en <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>.
- **Oyhantçabal, W; Vitale, E; Lagarmilla, P.** 2010. El Cambio Climático y su relación con las enfermedades animales y la producción animal. *Conferencia OIE 2010*, 169-177 p. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <https://www.oie.int/doc/ged/D11835.PDF>.
- **Pray, C; Fuglie, K.** 2015. Agricultural research by the private sector. *Annu. Rev. Resour. Econ.* (7):399-424.
- **PROCISUR (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur, Uruguay).** 2016. Línea estratégica intensificación sostenible: conceptualización regional. Consultado 27 ene. 2021. Disponible en http://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_intensificacion-sostenible-documento-base_5c0.pdf.
- **PROCISUR (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur, Uruguay).** 2019. Plan de mediano plazo 2019 – 2022. Montevideo, Uruguay. Consultado 20 ene. 2021. Disponible en https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_procisur-pmp2022-web01a_89d.pdf.

- **Rodríguez, AG; Rodríguez, M; Sotomayor, O.** 2019. Hacia una bioeconomía sostenible en América Latina y el Caribe: elementos para una visión regional”, serie Recursos Naturales y Desarrollo, (191), (LC/TS.2019/25), Santiago, CEPAL.
- **Rodríguez Sáenz, D; Riveros, H.** 2016. Esquemas de comercialización que facilitan la vinculación de productores agrícolas con los mercados. San José, CR: IICA, 74 p. Consultado 02 feb. 2021. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/312607009>.
- **Shi, J; Gao, HH; Lafitte, HR; Archibald, RL; Yang, M; Hakimi, SM; Mo, H; Habben, JE.** 2017. ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions, *Plant biotechnology journal* 15(2):207-216.
- **Sain, G; Ardila, J.** 2009. Temas y oportunidades para la investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe. PROCISUR. Consultado 28 ene. 2021. Disponible en https://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_foro_ac1.pdf.
- **Salles, S; Bin, A; Gianoni, C; Méndez, PJ; Rio, C.** 2009. GCARD Revisión Regional para América Latina y el Caribe. FORAGRO/GFAR/IICA/PROCISUR. 53 p.
- **Shi, J; Gao, H; Lafitte, HR; Archibald, RL; Yang, M; Hakimi, SM; Mo, H; Habben, JE.** 2017. ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions. *Plant Biotechnology Journal* 15(2): 207-216.
- **Stads, GJ; Beintema, N.** 2009. Investigación agrícola pública en América Latina y el Caribe: Tendencias de capacidad e inversión. Informe de síntesis ASTI. ASTI, IFPRI & BID. 38 p. Consultado 01 mar. 2021. Disponible en <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/128257/>.
- **Sun, Y; Jiao, G; Liu, Z; Zhang, X; Li, J; Guo, X; Du, W; Du, J; Francis, F; Zhao, Y; Xia, L.** 2017. Generation of High-Amylose Rice through CRISPR/Cas9- Mediated Targeted Mutagenesis of Starch Branching Enzymes, *Frontiers in Plant Science* (8):298.
- **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. 2030 - Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, (19). Santiago de Chile. FAO. 18 p.
- **Von Braun, J; Afsana, K; Fresco, K; Hassan, M; Torero, M.** 2020. Food System – Definition, Concept and Application for the UN Food System Summit. A paper from the Scientific Group of the UN Food System Summit. Draft (for discussion). 24 p.
- **Zsögön, A; Čermák, T; Naves, ER; Notini, MM; Edel, KH; Weinl, S; Freschi, L; Voytas, DF; Kudla, J; Peres, LEP.** 2018. De novo domestication of wild tomato using genome editing, *Nature Biotechnology*, 36(12):1211-1216.