

SÍNTESIS DEL ESTUDIO
PROSPECTIVO:

EL CONO SUR ANTE UNA INSTANCIA CRUCIAL DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO GLOBAL

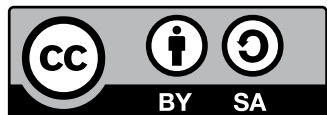
*Megatendencias,
incertidumbres críticas
y preguntas claves
para el futuro de los
sistemas agropecuarios
y agroalimentarios
del Cono Sur*

PROCISUR

ARGENTINA CHILE
BOLIVIA PARAGUAY
BRASIL URUGUAY



Instituto Interamericano de Cooperación para la
Agricultura (IICA), 2019



Síntesis del estudio prospectivo: el Cono Sur ante una
instancia crucial del desarrollo tecnológico global:
megatendencias, incertidumbres críticas y preguntas
claves para el futuro de los sistemas agropecuarios y
agroalimentarios del Cono Sur por IICA se encuentra bajo
una 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 está disponible en formato electrónico
(PDF) en los sitios Web institucionales:

<http://www.procisur.org.uy> y <http://www.iica.int>

Coordinación editorial: PROCISUR

Corrección de estilo: Máximo Araya Sibaja

Diagramación: Esteban Grille

Diseño de portada: Esteban Grille

Impresión: Digital

Síntesis del estudio prospectivo: el Cono Sur ante una
instancia crucial del desarrollo tecnológico global:
megatendencias, incertidumbres críticas y preguntas
claves para el futuro de los sistemas agropecuarios y
agroalimentarios del Cono Sur / Instituto Interamericano
de Cooperación para la Agricultura. – Uruguay: IICA, 2019.

30 p.; 18,7 cm X 26,5 cm.

Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico
Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR)

Publicado también en inglés

ISBN: 978-92-9248-851-2

1. Adopción de innovaciones 2. Estructura agraria 3.
Sistemas agroalimentarios 4. Cambio tecnológico 5.
Desarrollo agrícola 6. Desarrollo rural I. Gauna, Diego II.
Oviedo, Sebastián III. Kanadani, Silvia IV. Gomes, Marcos
V. Vial, Alejandra VI. Szostak, Javier VII. IICA

AGRIS

E14

DEWEY

338.16

Montevideo, Uruguay - 2019

SÍNTESIS DEL ESTUDIO
PROSPECTIVO:

EL CONO SUR ANTE UNA INSTANCIA CRUCIAL DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO GLOBAL

*Megatendencias,
incertidumbres críticas
y preguntas claves
para el futuro de los
sistemas agropecuarios
y agroalimentarios
del Cono Sur*

AUTORES:

Diego Gauna / INTA, Argentina
(coordinador del estudio)

Sebastián Oviedo / INIA, Uruguay

Silvia Kanadani Campos / Embrapa, Brasil

Marcos Antônio Gomes Pena Jr. /
Embrapa, Brasil

Alejandra Vial / INIA, Chile

Javier Szostak / IPTA, Paraguay

Montevideo, marzo de 2019



Tabla de contenido

3/ Prólogo

4/ Introducción

6/ El Cono Sur como potencia agropecuaria y agroalimentaria

8/ El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo tecnológico mundial

9/ Nuevas técnicas de mejoramiento genético

10/ Agricultura digital

11/ Inteligencia artificial (IA)

11/ Robótica

12/ Tecnologías para la producción de alimentos sintéticos

13/ *Blockchain*

15/ Megatendencias

17/ Cambios demográficos y dinámica de los procesos de urbanización

18/ Cierre de la brecha entre países desarrollados y países emergentes

19/ Mudanza de capacidades tecnológicas a los países emergentes

20/ Nuevos hábitos y preferencias de los consumidores

20/ Cambio climático (CC)

21/ Transformaciones de las cadenas de valor agroalimentarias

22/ Exigencias crecientes de acceso a los mercados

22/ Nuevas tendencias en el financiamiento y organización de la ciencia e innovación

23/ Nuevos paradigmas, enfoques y/o modelos para la producción

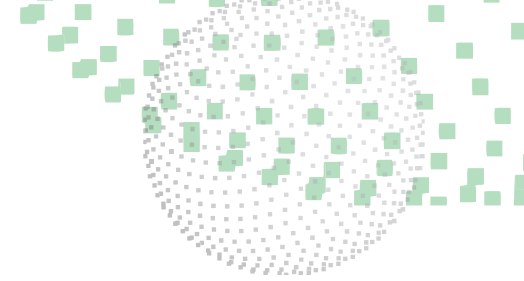
25/ Concentración y extranjerización en el mercado de tierras

27/ Incertidumbres críticas del sector agropecuario y agroalimentario

29/ Preguntas claves del futuro

30/ Reconocimientos

Prólogo



El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR), creado en 1980 con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), constituye una iniciativa conjunta de los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

En 2015, en ocasión de nuevo Plan de Mediano Plazo, el PROCISUR se planteó como desafío desarrollar una nueva estrategia para caminar en forma conjunta a la conformación de una agenda regional que atienda las oportunidades brindadas por las tendencias futuras del sector agroalimentario y agroindustrial.

Para ello, promovió cambios en los niveles estratégico, táctico y operacional, introduciendo pilares orientadores para guiar el trabajo en sus líneas estratégicas. Promover el desarrollo de sus miembros y del PROCISUR para fortalecer los sistemas nacionales y regional de innovación, fue el objetivo de la línea estratégica de **Gestión Institucional**.

En ese ámbito, en 2017, se crea la **red de inteligencia estratégica y prospectiva del PROCISUR**, con el propósito de apoyar los procesos de planificación del Programa y de sus instituciones miembro, incorporando la mirada regional en las estrategias nacionales.

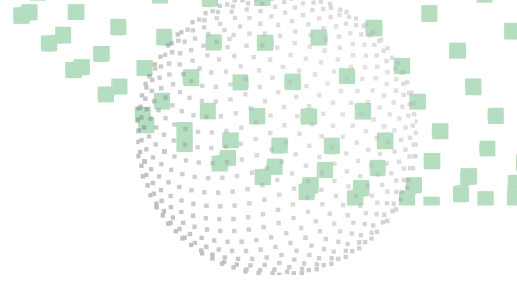
Específicamente, la red se crea para capacitar a profesionales de los INIA y *stakeholders* en el tema de inteligencia estratégica y en herramientas prospectivas; intercambiar conocimiento y prácticas, incluyendo actualizaciones con expertos externos; y realizar un estudio prospectivo para la región, aplicando la herramienta de escenarios.

Integrando actores del sistema regional de ciencia, tecnología e innovación agroalimentaria y agroindustrial, se realizó, durante 2017 y 2018, el estudio prospectivo “El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo tecnológico mundial”, bajo la modalidad aprender-haciendo y coordinado por el Instituto de Prospectiva y Políticas Públicas, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina) y Agropensa, de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA, Brasil).

Las principales megatendencias e incertidumbres críticas, y las preguntas claves para el futuro de los sistemas agropecuarios y agroalimentarios del Cono Sur identificadas y priorizadas en el estudio, son sintetizadas en este documento. Esperamos que esta publicación sea una contribución significativa para los tomadores de decisión en la definición de sus agendas y fortalezca la estrategia regional de innovación y desarrollo sostenible del sector en el Cono Sur.

Cecilia Gianoni
Secretaria Ejecutiva
PROCISUR

Introducción



En el ámbito de las actividades de la línea estratégica Gestión Institucional del **Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico y Agroalimentario del Cono Sur** (PROCISUR), se propuso la realización de un estudio prospectivo regional del sector agropecuario, agroalimentario y agroindustrial **con foco en la ciencia, tecnología e innovación**, la cual fue aprobada por la Comisión Directiva de dicho Programa.

El estudio se realizó bajo la modalidad del aprender-haciendo, donde los equipos del **Instituto de Prospectiva y Políticas Públicas**, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), y **Agropensa**, de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), diseñaron el ejercicio y los instrumentos para capacitar a profesionales seleccionados de los institutos nacionales de investigación agropecuaria (INIA) del Cono Sur, de modo de comenzar a construir una red de prospectiva e inteligencia estratégica en el ámbito del PROCISUR.

Dicha propuesta tenía como objetivos centrales:

- El desarrollo y fortalecimiento de las competencias y capacidades necesarias para incorporar la **dimensión de futuro** en la planificación y gestión de la política científico-tecnológica de la región.
- Sensibilizar a los tomadores de decisión y a *stakeholders* internos y externos de los INIA y el PROCISUR durante la capacitación.
- Brindar insumos para la elaboración del nuevo Plan de Mediano Plazo (PMP) 2019-2022 del PROCISUR.

Para cumplir con los objetivos de la propuesta se realizaron tres talleres en inteligencia estratégica y prospectiva. Esto implicó el dictado de más de

cincuenta horas de capacitación a treinta profesionales, incluyendo a los equipos de los INIA del Cono Sur y otros *stakeholders* seleccionados. El **primer taller** se realizó en Brasilia en julio de 2017, en el cual expertos caracterizaron el estado y los desafíos de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en los sistemas científicos y tecnológicos de China, Estados Unidos, Francia y el Cono Sur. Asimismo, se inició el proceso de capacitación en metodología de análisis prospectivo y se identificaron los principales **drivers** (factores de cambio) que impulsan la dinámica de los sistemas agropecuarios y agroalimentarios del Cono Sur. Entre el primer y el segundo taller, los participantes del mismo realizaron una breve caracterización de los *drivers* identificados y un análisis de su potencial evolución.

El **segundo taller** se realizó en Buenos Aires en octubre de 2017, donde los *drivers* fueron transformados en megatendencias e incertidumbres críticas. Adicionalmente, se elaboraron prototipos de escenarios, para ilustrar la metodología más conocida del análisis prospectivo y se analizaron los riesgos y oportunidades del Cono Sur en cada uno de ellos. En noviembre de 2017, los resultados de todo este proceso fueron presentados a la Comisión Directiva del PROCISUR.

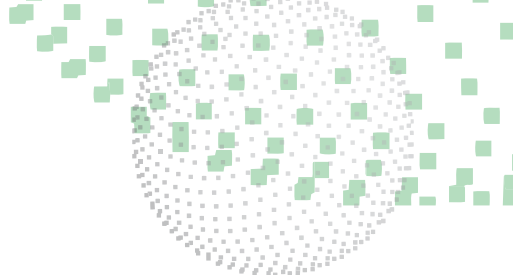
Finalmente, en agosto de 2018 se realizó en Buenos Aires el **tercer taller** con la participación de *stakeholders* externos a los INIA. Se pusieron en discusión las megatendencias e incertidumbres críticas y se identificaron los principales problemas y oportunidades, de carácter regional y de ámbito de interés de los INIA, con el objetivo de generar insumos para la elaboración del PMP 2019-2022 del PROCISUR. En el gráfico 1 se muestra en forma esquemática dicho proceso¹.

1. La información completa estadística básica, así como la memoria de los tres talleres y la descripción completa de cada una de las megatendencias e incertidumbres críticas seleccionadas, con sus respectivas referencias, están disponibles en el documento completo "El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo tecnológico global". Este documento puede solicitarse a Diego Gauna (gauna.diego@inta.gob.ar) o a la Secretaría Ejecutiva del PROCISUR (sejecutiva@procisur.org.uy).



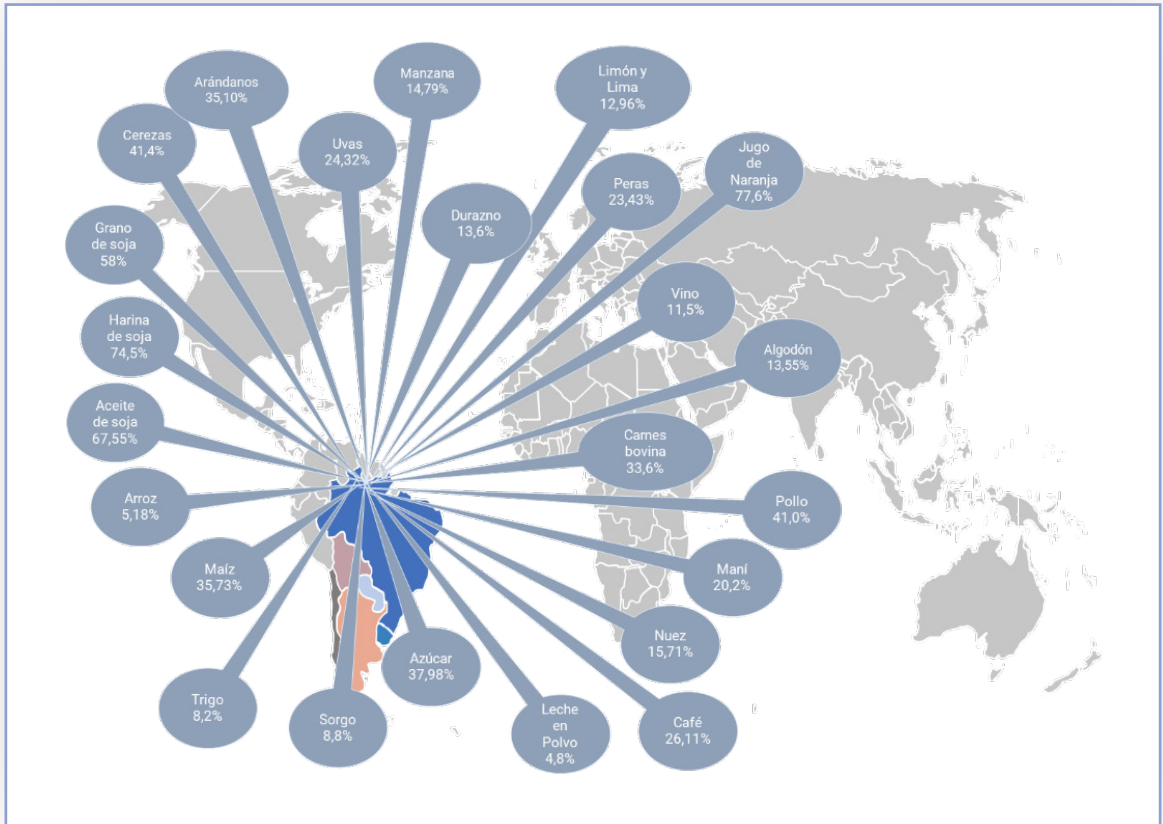
■ **Gráfico 1.** Esquema metodológico del ejercicio

El Cono Sur como potencia agropecuaria y agroalimentaria



El Cono Sur como región es un actor central en los mercados agroalimentarios globales. Esto se refleja no solo en su dinámica de producción y exportaciones y en su contribución a la seguridad alimentaria global, sino también en la dotación y calidad de sus recursos naturales y en la riqueza de la biodiversidad regional. A continuación, se presentan cifras e indicadores que ilustran la importancia actual del Cono Sur en la agricultura mundial:

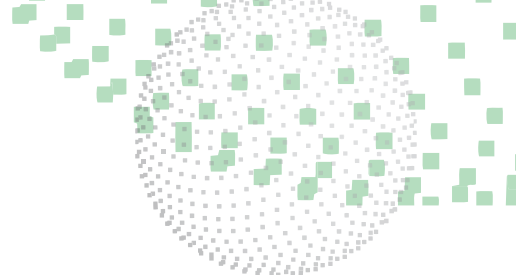
- En términos de **superficie**, el Cono Sur representa el 46,3 % de la soja, el 12,4 % del maíz, el 4,4 % del sorgo y el 3,9 % del trigo a nivel global, mientras que, en términos de **producción agrícola**, el Cono Sur representa el 50,8 % de la soja, el 11,6 % del maíz, el 10,2 % del sorgo y el 3,4 % del trigo a nivel global. Asimismo, el Cono Sur produce el 35,4 % de las naranjas, el 20,2 % de las limas y limones, el 7,9 % de las uvas y el 6,5 % de las cerezas a nivel global. En relación con la **producción ganadera**, el Cono Sur produce el 24 % de la carne de pollo y el 22,4 % de la carne bovina a nivel global. Asimismo, el Cono Sur posee el 30,2 % del *stock* de ganado vacuno mundial. En cuanto a la **producción de biocombustibles líquidos**, el Cono Sur produce el 18,6 % del biodiésel y el 16 % del bioetanol a nivel global.
- El Cono Sur es **superavitario en la producción de commodities agropecuarios y alimentos**, exhibiendo en 2016 un superávit comercial en el sector agropecuario y agroalimentario de USD 107 000 millones, un valor casi seis veces superior al correspondiente al año 2000. Las exportaciones agropecuarias del Cono Sur, en línea con las décadas precedentes, siguen exhibiendo **bajos grados de procesamiento**. La región concentra sus exportaciones de productos agropecuarios y agroalimentarios en un **número reducido de países**. Asia representa actualmente el 42,5 %, el 53,72 %, el 35,2 %, el 22,6 % y el 37,0 % de las exportaciones agropecuarias de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, respectivamente (siendo China el socio más importante).
- Las exportaciones de los complejos agropecuarios y alimentarios del Cono Sur, como porcentaje de las exportaciones mundiales, se muestran en el gráfico 2.
- Los países del Cono Sur poseen el primer puesto en las exportaciones mundiales de **harina y aceite de soja, biodiésel y jugo de limón** (Argentina); **uvas frescas, arándanos frescos, cerezas frescas y salmón** (Chile); y **café, azúcar, carne bovina, carne de pollo, grano de soja y jugo de naranja** (Brasil).
- Se estima que el Cono Sur alberga un poco más de **cinco millones de unidades de la agricultura familiar**, representando el 83,9 % del total de explotaciones agropecuarias de la región. Asimismo, la agricultura familiar aporta más del 50 % del empleo agropecuario en el Cono Sur, aunque con diferencias significativas entre países.
- El Cono Sur posee 133 millones de hectáreas de tierra arable, el 9,4 % del total mundial. El 90 % de las tierras se concentra en Brasil (81 millones) y Argentina (39 millones).
- América del Sur tiene una de las **reservas de agua dulce más importantes del planeta**, estimándose en un tercio su contribución a las reservas de agua dulce mundiales. Brasil posee el 12 % de la reserva mundial de agua dulce y el 53 % de las reservas totales de agua en América del Sur. Asimismo, la biomasa forestal de América del Sur equivale a un cuarto de la cobertura global.



■ **Gráfico 2.** Posicionamiento de la región en las exportaciones mundiales.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de USDA (2018).

- El Cono Sur es una de las regiones con **mayor biodiversidad global**. Brasil es el país con mayor biodiversidad en el mundo, estimándose que posee entre el 15 y el 20 % de la biodiversidad biológica global. Los *hotspots* de biodiversidad en el Cono Sur son el Cerrado (Brasil), el Bosque Atlántico (Brasil, Argentina y Paraguay), los Bosques Valdivianos de Lluvia Invernal (Argentina y Chile) y parte de los Andes Tropicales.
- Los INIA del Cono Sur cuentan con más de **5100 investigadores** (de los cuales aproximadamente el 60 % tiene título de PhD), **535 unidades de investigación** (centros, estaciones y laboratorios) y **165 bancos de germoplasma**.

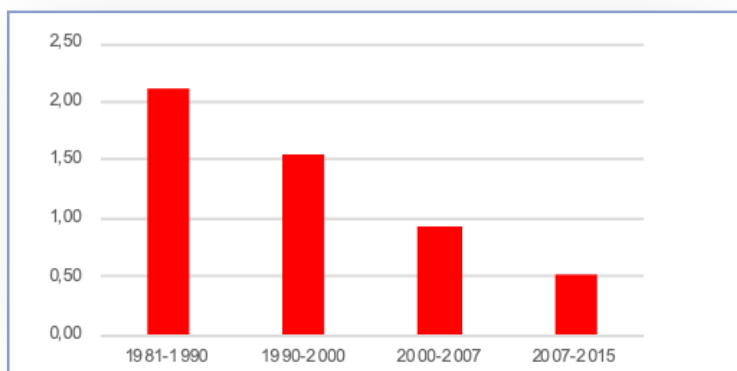
El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo tecnológico mundial



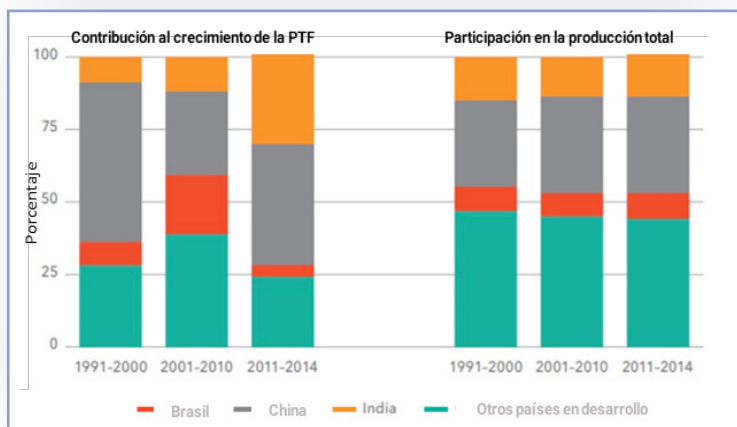
Los avances científicos y tecnológicos en el ámbito físico, biológico y digital están transformando los sistemas de producción y gobernanza de la agricultura y la alimentación a nivel mundial. Los países del Cono Sur, histórica región superavitaria en la producción de *commodities* agropecuarios y alimentos y reserva alimentaria global, requieren repensar sus modelos tradicionales de organización de la ciencia e innovación, para poder atender las demandas futuras que le plantea un entorno cada vez más complejo e incierto. En el núcleo de este nuevo entorno se encuentra el **concepto de convergencia científico-tecnológica**, entendida como un enfoque para la resolución de problemas que integra conocimientos, herramientas y técnicas de diferentes disciplinas (ciencias de la vida, ciencias de la computación,

matemática, física, ingenierías), creando abordajes integrales para enfrentar los desafíos científicos y sociales que se manifiestan en la interfase de múltiples dimensiones (por ejemplo, cambio climático, cambios en el uso del suelo y pérdida de biodiversidad).

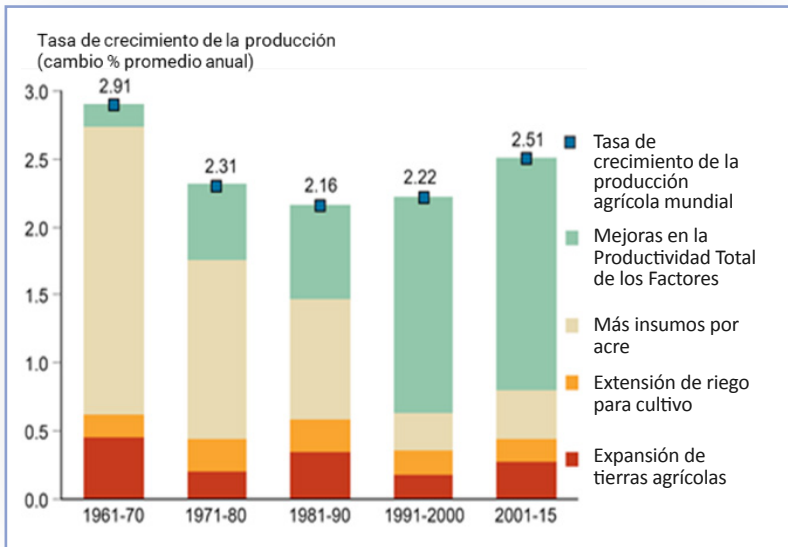
La emergencia de nuevas tecnologías tiene particular importancia en un momento de desaceleración de la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores de la agricultura (PTF) en los Estados Unidos (EE. UU.), de un crecimiento en la PTF global impulsada por los países emergentes (principalmente China, India y Brasil) y de una proporción creciente de la expansión de la producción explicada por ganancias en productividad. Los gráficos 3, 4 y 5 ilustran dichas tendencias:



■ **Gráfico 3.** Tasa de crecimiento promedio anual de la PTF en la agricultura - EE. UU. Fuente: Elaboración propia con base en datos de USDA (2018).



■ **Gráfico 4.** Principales drivers del crecimiento de la PTF. Fuente: IFPRI (2018).



■ **Gráfico 5.** Fuentes de crecimiento en la producción agrícola mundial, 1961-2015

Fuente: USDA, Base de datos internacional de productividad agrícola

En el Cono Sur, la situación es heterogénea. Mientras que Argentina exhibe una situación similar a la de EE. UU., Uruguay y Brasil muestran un crecimiento sostenido en la PTF promedio anual desde el inicio de la década de 1990. En Chile y Paraguay el crecimiento de la PTF se aceleró en

el período 2002-2007, para luego desacelerarse en la última década.

A continuación, se listan y describen brevemente algunas de las tecnologías emergentes con mayor potencial en el sector agropecuario y agroalimentario:

NUEVAS TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

Las nuevas técnicas de mejoramiento genético (NBT, por su sigla en inglés) se basan en los avances de la biotecnología, la biología molecular y la secuenciación de genomas de una variedad de especies. Dentro de ellas, la edición génica ha tomado un fuerte impulso a partir del surgimiento de las tecnologías ZFN, TALEN y CRISPR. La **edición génica** es una **técnica de ingeniería genética** que consiste en adicionar, eliminar o reemplazar un fragmento de ADN en el genoma de un organismo, siendo la técnica de CRISPR-Cas9 la que ha revolucionado la comprensión y modificación genética de animales y plantas.

En agricultura, promete logros significativos en temas como calidad nutricional y mejora de la apariencia de los alimentos, resistencia a plagas y enfermedades, vida poscosecha y tolerancia a la sequía, entre otras aplicaciones. En ganadería, la edición génica tiene potencial para el desarrollo de animales con resistencia a enfermedades o con capacidad para producir alimentos con características específicas. En la actualidad, hay pocos cultivos editados genéticamente modificados para su comercialización, todos ellos en EE. UU., destacándose el maíz con composición alterada de almidón, la canola tolerante al herbicida *sulfonylurea*, la soja

con bajo contenido de ácidos grasos insaturados y los hongos comestibles que se mantienen blancos al procesarse. Sin embargo, el número de publicaciones en revistas científicas y el número de patentes relacionadas con el uso del CRISPR en el sector agroalimentario está creciendo en forma exponencial, con lo cual se esperaría un aumento importante de productos en el mercado en los años venideros.

En la actualidad existe un debate muy intenso acerca de la regulación de este conjunto de técnicas. La posición norteamericana sostiene que los productos derivados de la edición génica no son organismos genéticamente modificados (OGM) y, por ende, no deben seguir el costoso proceso regulatorio para liberar OGM al mercado. Esta posición está estimulando fuertemente la inversión en las NBT en EE. UU.. Por otra parte, la Corte de Justicia de la Unión Europea (UE) dictaminó en julio de 2018 que los productos derivados de la edición génica deben seguir el mismo camino regulatorio que los OGM, basado en el argumento de que solo las técnicas de mutagénesis que han sido utilizadas por un largo tiempo y con pruebas acumuladas de inocuidad están exentas de dicho camino. La posición del Cono Sur, en los países que ya han tomado posición, es similar a la posición estadounidense. En la Declaración de Ministros de Agricultura, agrupados en el **Consejo Agropecuario del Sur (CAS)**, en el marco de su XXXV Reunión Ordinaria, se remarca el carácter estratégico de la edición génica para el Cono Sur y la necesidad de articulación entre los países para evitar impedimentos sin base científica para el comercio internacional de productos generados con esta técnica.

AGRICULTURA DIGITAL

La agricultura digital se puede conceptualizar como una nueva etapa en la evolución de la **agricultura de precisión** y, en términos generales, se refiere al empleo intensivo de tecnologías de información y computación. Si bien algunas de las tecnologías digitales tienen una larga tradición en la agricultura, los avances tecnológicos en los últimos años han ampliado el alcance, la escala y la inmediatez de los servicios que proveen dichas tecnologías. La administración de los recursos de los productores agropecuarios en la era de la agricultura digital se basa en un **enfoque personalizado e integrado**, que conlleva la optimización en tiempo real y con hiper-conectividad de los sistemas. El rango de tecnologías digitales con potencial de aplicación en los sistemas de producción es muy amplio, desde plataformas y aplicaciones simples hasta desarrollos derivados de la robótica, inteligencia artificial, teledetección, sensores, internet de las cosas y *big data*.

La agricultura digital, más que una revolución en sí misma, permite optimizar el uso de las tecnologías ya existentes, incrementar la eficiencia de los sistemas de producción y reducir el impacto ambiental de la agricultura, promoviendo la **sostenibilidad de los sistemas agropecuarios**. El

Cono Sur tiene un gran potencial para la incorporación de las tecnologías digitales en el sector agropecuario. Evidencia de ello es el crecimiento de los **Ecosistemas Agtech** en la Región en los últimos cinco años. No obstante, aún persisten múltiples desafíos para su expansión, entre ellos cuestiones relacionadas con el uso y la propiedad de los datos, con el desarrollo de modelos que permitan analizar la complejidad y heterogeneidad de los datos a campo y con la infraestructura necesaria para la gestión de plataformas integradas de datos.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

La IA es un campo que estudia el problema general de crear inteligencia en las máquinas. Dentro de las ramas de la IA, el aprendizaje de máquinas (ML, *machine learning*) es una de las áreas con mayor potencial de aplicaciones en el sector agropecuario. El ML se basa en la idea de que los sistemas pueden aprender de los datos, identificar patrones, realizar predicciones y tomar decisiones casi sin intervención humana. Las aplicaciones comerciales más promisorias en el campo del ML se encuentran en los desarrollos basados en el aprendizaje profundo (DL, *deep learning*). Desarrollos en el campo de la IA tienen una alta importancia estratégica para los países; en los últimos dos años, más de quince países (entre ellos EE. UU., Japón, Corea del Sur y China) han elaborado estrategias nacionales para el desarrollo de la IA, así como diversos bloques regionales (UE y la Región Báltico-Nórdica). A la fecha de escritura del presente documento, ningún país del Cono Sur posee una estrategia nacional, si bien en algunos de ellos se ha comenzado a discutir acerca de la importancia de su elaboración.

La aplicación de IA en el sector agropecuario global es aún limitada, pero tiene un alto potencial para influir tanto en las actividades de investigación y desarrollo como en las actividades de extensión del sector. Se están desarrollando aplicaciones incipientes en la **identificación temprana de enfermedades** y evaluación de daños, en el control de malezas mediante la utilización más eficiente de herbicidas, en el **uso de robots para la cosecha de frutas**, en el análisis de información satelital, en el mejoramiento de la salud del suelo, en el mejoramiento genético de plantas y animales, en el monitoreo del ganado, en el **uso de modelos predictivos** para la mejora en la toma de decisiones agronómicas y en el testeo de cultivos con deficiencias nutricionales, entre otras aplicaciones de relevancia.

ROBÓTICA

El uso de robots en la agricultura está siendo impulsado tanto por los avances en las ciencias de la computación e ingeniería —que están reduciendo significativamente el costo de producción y utilización de los robots, al mismo tiempo que mejoran su funcionalidad—, como por la

escasez de mano de obra rural. El avance de la robótica en el mundo rural está generando una **creciente automatización de los procesos productivos**, una tendencia que se ha venido observando desde los inicios de la agricultura moderna. Esto no implica necesariamente que la mano de obra asociada al sector agropecuario y agroalimentario se reduzca sustancialmente por el avance de la robótica, dado que las nuevas tecnologías pueden estimular la demanda de obra con otros niveles de calificación en actividades conexas. Por ejemplo, los robots pueden reducir la demanda de trabajo manual, al mismo tiempo que **incrementan la demanda para tareas relacionadas a la programación y diseño**.

El uso de robots en la agricultura está avanzando en las tareas esenciales de la producción agropecuaria. Algunos ejemplos, con diferentes grados de madurez en el mercado, son los robots para el control de las malezas que **reducen el uso de herbicidas**; los robots que utilizan sensores que detectan con mayor precisión plagas y enfermedades, **reduciendo el uso de pesticidas**; los robots con potencial para reducir el impacto ambiental de la ganadería; los robots con potencial en la **acuicultura**; los robots para el **fenotipado** de plantas en el campo y la instalación de **tambos robotizados**, entre otros ejemplos de relevancia.

Los avances en agricultura digital, inteligencia artificial y robótica, en sintonía con la aplicación de soluciones de internet de las cosas (*IoT*, por su sigla en inglés) en la agricultura, convergen en un nuevo concepto que está penetrando las discusiones nacionales e internacionales sobre el futuro de la agricultura: el concepto de **agricultura inteligente, agricultura 4.0 o smart digital farming**.

TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS SINTÉTICOS

La investigación para la producción de alimentos sintéticos tiene una larga historia, desde las iniciativas de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los EE. UU. en las décadas de 1960 y 1970 para la producción de alimentos para astronautas, hasta las nuevas iniciativas de producción de carne sin el uso de animales. Estas han sido impulsadas por el impacto ambiental de los sistemas de producción actuales y la consolidación de movimientos en contra de la matanza de los animales, aspectos que han llevado al surgimiento de un nuevo campo disciplinar, denominado **agricultura celular**. El desarrollo más conocido de la agricultura celular es la **carne sintética, carne cultivada o in vitro**. Este desarrollo es producto de los avances en la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos. Existen en la actualidad *start-ups* en EE. UU., Israel y Europa, financiadas por inversores privados, filántropos y empresas importantes del sector cárnico, produciendo en forma experimental "carne sintética" vacuna y de pollo, pavo y pescado.

El avance de la agricultura celular está generando fuertes controversias. Entre ellas, se discute si la carne sintética se debe llamar propiamente “carne”, como pretenden los desarrolladores de la tecnología, o debería tener otro nombre, como por ejemplo tejido muscular simple. La Asociación de Ganaderos de EE. UU. y otros países ganaderos están demandando que, si los productos eventualmente llegan a la góndola, se les exija un etiquetado obligatorio para su consumo.

Otro ejemplo de relevancia es la leche sintética, la cual es libre de hormonas y antibióticos, apta para veganos y se produce con métodos modernos de la biotecnología. Por último, en los últimos años la técnica más disruptiva en la que se está investigando es la producción de proteínas mediante la utilización simplemente de agua, bacterias, dióxido de carbono y electricidad. Esta nueva tecnología en desarrollo permitiría producir alimentos de una forma mucho más eficiente, sin depender de condiciones ambientales algunas.

BLOCKCHAIN

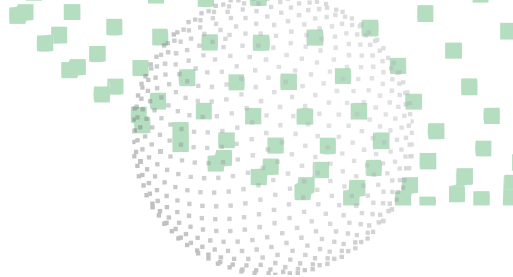
La tecnología de *blockchain* es un tipo de tecnología de registro distribuido (DLT, *decentralized ledger technology*), que permite a todos los miembros de un grupo registrar transacciones en un registro de datos descentralizado, mantenido en una red de computadoras, en lugar de una contabilidad física o una única base de datos. Las transacciones deben ser aprobadas mediante el consenso y son virtualmente imposibles de “hackear”, lo cual incrementa su transparencia y seguridad. La tecnología de *blockchain* alcanzó popularidad por ser la base del desarrollo de las criptomonedas. Es una tecnología emergente potencialmente disruptiva, transversal, de rápida evolución y difícil regulación, con alta incertidumbre acerca de sus impactos y con múltiples desafíos para su implementación a gran escala.

En el campo de la agricultura y la alimentación, se esperan mejoras significativas en la trazabilidad de los productos a lo largo de la cadena de valor. Particularmente, se espera que la implementación de *blockchain* incremente los niveles de transparencia y confianza de la cadena de valor, aumentando el valor de los bienes con atributos de credibilidad (*credence goods*) y reduciendo la cantidad de intermediarios en la cadena. Un ejemplo de ello es la posibilidad de trazar si un proceso productivo cumplió con prácticas comercialmente éticas, beneficiando a los productores locales. Asimismo, empresas multinacionales ya están usando *blockchain* enfocado en la inocuidad de los alimentos, de modo de reducir los episodios de contaminación. Otras potenciales aplicaciones están relacionadas con el *trading* de *commodities* y alimentos en mercados estandarizados y con el incremento de la transparencia en el mercado de tierras agrícolas.

Finalmente, otros desarrollos promisorios para el futuro del sector son aquellos relacionados con la investigación de los **microbiomas de plantas, suelos y animales**; con las tecnologías para la expansión de la **agricultura bajo cubierta** y con aplicaciones de la **biología sintética** para la producción de bioproductos de segunda y tercera generación.

En este contexto, el concepto de *smart farming* toma cada vez más relevancia en los sistemas productivos, dada su capacidad de producir alimentos de forma eficiente, sostenible, en condiciones controladas, de forma remota y sin la necesidad de contar con grandes extensiones de tierras.

Megatendencias



Las megatendencias reflejan cambios sociales, tecnológicos, culturales, económicos, ambientales e institucionales de larga data y que, una vez instaurados en el sistema, tienen un efecto perdurable y significativo sobre el gobierno y la sociedad en múltiples esferas. Las megatendencias identificadas en el presente estudio se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Megatendencias y rasgos centrales

Megatendencia	Rasgos centrales
Cambios demográficos y dinámica de los procesos de urbanización	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento poblacional impulsado principalmente por Asia y África. • Profundización de los procesos de urbanización. • La importancia de la interfase rural-urbana. • Envejecimiento poblacional.
Cierre de la brecha entre países desarrollados y emergentes	<ul style="list-style-type: none"> • Los países emergentes capturan una proporción creciente del producto bruto interno (PBI) global. • Crecimiento significativo de la clase media mundial. • Transición en la dieta.
Mudanza de capacidades tecnológicas a países emergentes	<ul style="list-style-type: none"> • Los países emergentes incrementan su participación en la I+D global (China, India, Brasil, Sudáfrica). • Las plataformas científicas y tecnológicas de EE. UU. y Europa pierden peso relativo en los procesos de innovación globales. • Las inversiones privadas en I+D ganan terreno en el I+D global.
Nuevos hábitos y preferencias con protagonismo de los consumidores	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos atributos de alimentos asociados a la salud, al ambiente y a la naturaleza de los procesos productivos ganan un peso creciente en la demanda de los consumidores. • Captura de valor mediante una mayor segmentación de mercados. • Tensiones y/o convergencia entre el concepto de “natural” y “artificial”. • Los ciudadanos adquieren mayor influencia en la agenda pública y privada agroalimentaria.

Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> • Agenda global para la mitigación del cambio climático (CC). • Direccionamiento del financiamiento al CC. • I+D en tecnologías climáticas.
Transformaciones de las cadenas de valor agroalimentarias	<ul style="list-style-type: none"> • Cadenas de valor agroalimentarias cada vez más integradas al mercado global. • Alta concentración en el mercado de insumos globales para la agricultura. • Crecimiento de empresas translatinas. • Creciente presencia de la inversión china en América Latina.
Exigencias crecientes de acceso a mercados internacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor rigor de estándares obligatorios relacionados con la calidad e inocuidad de los alimentos. • De estándares de productos a estándares de procesos. • Alcance creciente de los estándares. • Importancia creciente de los estándares privados.
Nuevas tendencias en el financiamiento y organización de la ciencia e innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Menor peso de la financiación pública tradicional a la investigación. • Consolidación de los enfoques de ciencia abierta e innovación abierta. • Crecimiento significativo de las start-ups en los procesos de innovación. • Expansión de modelos de innovación organizados en clusters, parques científicos y tecnológicos y distritos.
Nuevos paradigmas, enfoques y/o modelos para la producción agroalimentaria	<ul style="list-style-type: none"> • Bioeconomía y economía circular. • Intensificación sostenible. • Intensificación ecológica y agroecológica. • Sistemas alimentarios sostenibles.
Concentración y extranjerización en el mercado de tierras	<ul style="list-style-type: none"> • Compra de grandes extensiones de tierra en Asia y África por empresas multinacionales y gobiernos. • Nuevas formas de concentración de la producción.

CAMBIOS DEMOGRÁFICOS Y DINÁMICA DE LOS PROCESOS DE URBANIZACIÓN

Según el último informe de perspectivas mundiales de población de las Naciones Unidas, se espera que en 2050 la población mundial ascienda a

9772 millones de habitantes, lo que representa un crecimiento del 29,4 % con respecto a la población de 2017. El crecimiento poblacional proyectado difiere sustancialmente entre regiones. África y Asia dan cuenta de un poco más del 90 % del crecimiento proyectado al 2100, según el escenario denominado variante media.

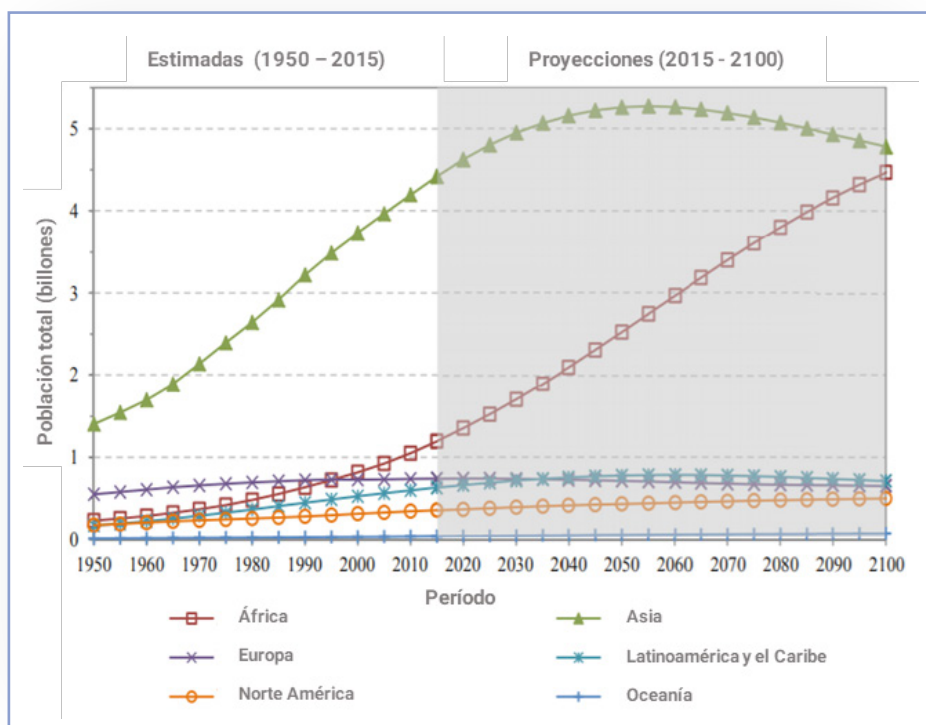


Gráfico 6. Crecimiento poblacional estimado y proyectado (1950-2100). Fuente: Perspectivas de la población mundial, revisión del año 2017, Naciones Unidas.

Este incremento poblacional va a estar acompañado por una profundización del proceso de urbanización de los países. El porcentaje de población que reside en zonas urbanas se va a incrementar del 55 % al 68 % para 2050. Un fenómeno adicional es el crecimiento de las mega-ciudades: se estima que en 2030 existirán 43 ciudades con más de 10 millones de habitantes, la mayoría de ellas en los países en vías de desarrollo. La naturaleza dicotómica de las estadísticas de población rural y urbana presentadas no permiten visualizar la creciente interdependencia económica, social y política entre las grandes ciudades y las comunidades rurales, ni los desafíos que presenta la producción agroalimentaria en la interfase urbano-rural.

El proceso de envejecimiento poblacional tenderá a consolidarse en los años venideros, de la mano de menores tasas de fertilidad y una mayor expectativa de vida. Se proyecta que en 2050 la población de 60 o más años se habrá duplicado. De igual manera, se proyecta que la población mayor a 60 años de América Latina representará el 25 % del total mundial en 2050, en comparación con el 12 % actual. El envejecimiento es

una de las megatendencias que probablemente tenga impacto en todas las esferas de la acción de los gobiernos y las empresas y que dé lugar a fuertes disrupciones en los sistemas políticos y económicos.

CIERRE DE LA BRECHA ENTRE PAÍSES DESARROLLADOS Y PAÍSES EMERGENTES

En las últimas décadas se ha observado **un cambio gradual en el centro de gravedad de la economía mundial**, desde las economías del Grupo de los Siete (G-7) hacia las economías emergentes, fundamentalmente las economías asiáticas. El conjunto de economías avanzadas representaba el 63 % del PBI mundial en 1980, porcentaje que en 2017 alcanzó el 41 %. Las proyecciones a 2050 avizoran una continuidad de dicho proceso a una menor tasa en relación con las décadas anteriores, reduciéndose la brecha en términos relativos, pero persistiendo importantes disparidades en los niveles absolutos de ingreso per cápita. **China, EE. UU. e India**, en ese orden, serán las economías de mayor PBI en 2050.

Un fenómeno conectado con las proyecciones de población y crecimiento económico es el crecimiento de la clase media mundial. En 1950, solo el 10 % de la población mundial pertenecía a la clase media, porcentaje que ascendía en forma aproximada al 40 % en 2016 (**3,2 billones de personas**) y se estima que en 2050 dicho porcentaje ascenderá al 60 % (**5,8 billones de personas**). El incremento de la clase media mundial está generando un aumento sostenido en la demanda de proteína animal. Se espera que el incremento en el ingreso medio en las clases emergentes asiáticas intensificará la transición de la dieta observada en las últimas décadas, que implica un **menor consumo relativo de granos y legumbres y un mayor consumo relativo de carne**. Se estima que la producción de carne se duplicará en 2050, desde los 273 millones de toneladas actuales (incluyendo carne vacuna y de pollo y cerdo) a 445 millones de toneladas en 2050.

MUDANZA DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS A LOS PAÍSES EMERGENTES

Si bien en la actualidad EE. UU. es el líder global en ciencia y tecnología, su participación en las actividades globales viene disminuyendo, a expensas del **crecimiento de los países emergentes**

asiáticos. Las inversiones en ciencia y tecnología de China han ido creciendo a una tasa del 18 % anual desde el año 2000, ocupando en la actualidad el segundo lugar en el ranking mundial, detrás de EE. UU.. En relación con el PBI, se observan diferencias marcadas entre los países emergentes asiáticos, los países del G-7 y el Cono Sur (gráfico 7).

Adicionalmente, las inversiones en capital de riesgo para la comercialización de tecnologías emergentes en China incrementaron su participación desde el 5 % del total en 2013 al 27 % del total en 2016 (EE. UU. posee un poco más del 50 % de dichas inversiones). Adicionalmente, en 2016 China concentró casi el 43 % de la solicitud de patentes a nivel global, seguida por EE. UU. (19 %) y Japón (10 %), aunque la mayoría de las patentes solicitadas son de carácter doméstico. Cabe remarcar que, si bien los países emergentes tienen un gran potencial de expansión tecnológica, las tasas de penetración y difusión de tecnologías nuevas para el mercado siguen siendo comparativamente bajas.

Este proceso también está ocurriendo en el sector agropecuario. La última información comparable disponible (año 2011) muestra que alrededor del 55 % de la inversión en I+D agropecuario se realizó en países de altos ingresos, frente al

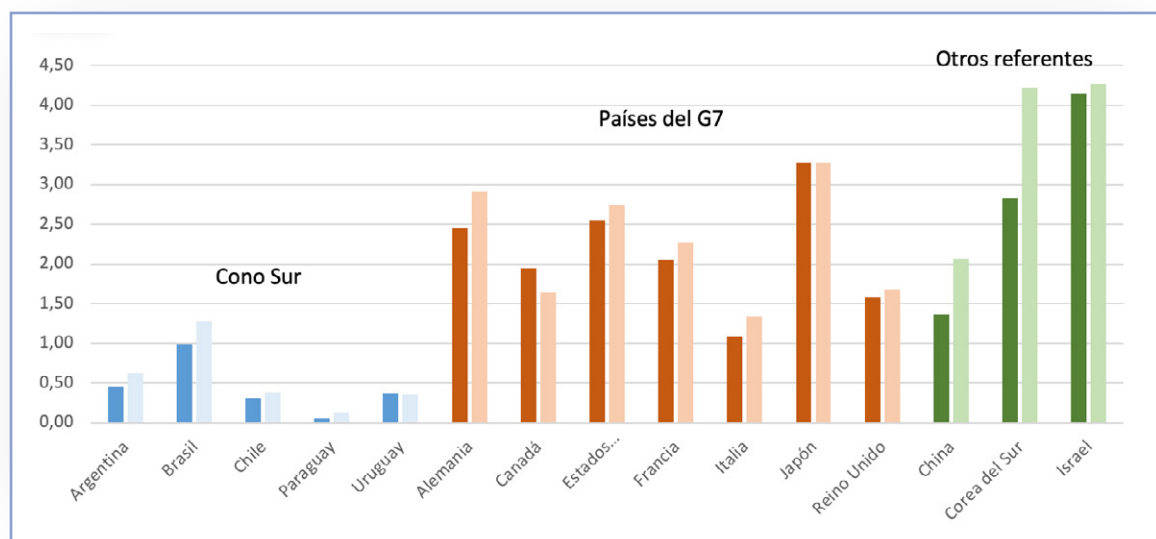


Gráfico 7. Inversión en I+D respecto del PBI (2006-2015). Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) Iberoamericana e Interamericana. Los colores más claros representan el año 2006 y los más oscuros el año 2015.

69 % en 1980. Mientras tanto, los países de ingresos medios, liderados por China, Brasil e India, fueron responsables del 43 % (su cuota fue del 29 % en 1980). Se destaca también el **creciente peso del sector privado en el I+D agropecuario global**. Históricamente, la mayor parte de la investigación en alimentación y agricultura fue llevada a cabo por universidades y agencias gubernamentales. Sin embargo, según la última información disponible, un promedio del 52,5 % de las investigaciones sobre fitomejoramiento, informática, fertilizantes, pesticidas y tecnologías alimentarias en los países de altos ingresos estaba siendo realizado por empresas privadas (en 1980, la cifra era del 42 %).

En relación con las tendencias en educación superior, se gradúan 4,7 millones de estudiantes por año en carreras de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en China (+50 % del total de graduados) y 2,6 millones en India. A nivel de posgrado, EE. UU. es el país donde se gradúa la mayor cantidad de doctores en las áreas STEM (40 000 doctores por año), seguido por China (34 000), Rusia (19 000) y Alemania (15 000).

NUEVOS HÁBITOS Y PREFERENCIAS DE LOS CONSUMIDORES

Si bien el precio, la seguridad en el consumo y el gusto siguen siendo *drivers* fundamentales, temas tales como la **transparencia** en la cadena de valor, la **equidad** en la distribución de los beneficios al interior de las cadenas, el **bienestar animal**, el **origen** del producto, la medida en que el producto es **“natural”**, la medida en que el alimento consumido es **nutritivo y saludable**, entre otros, están ganando cada vez mayor peso en la toma de decisiones referidas al consumo de alimentos. Además, encuestas internacionales muestran que existe un factor generacional: los **millennials** les otorgan una mayor importancia relativa a si el producto es natural y/u orgánico, al impacto ambiental y al bienestar animal en comparación con las generaciones anteriores. Este cambio en las preferencias de los consumidores, que representa una oportunidad de **mayor segmentación para la industria alimentaria**, está llevando a cambios importantes en las cadenas de valor agroalimentarias.

Un ejemplo de este cambio en las preferencias en los consumidores es la consolidación del mercado de productos orgánicos, fundamentalmente frutas y verduras. Actualmente, el mercado alcanza los USD 75 000 millones, de los cuales EE. UU., Alemania y Francia representan el 50 %. Las proyecciones futuras indican un crecimiento sostenido de la demanda, con una tasa de crecimiento esperada promedio del 20 % anual al 2025.

La **proliferación de los medios sociales y las plataformas digitales** está modificando radicalmente la relación entre las empresas productoras de alimentos y los consumidores, ya que estos tienen acceso a mayor información, comparten experiencias y evalúan los productos y marcas que utilizan, ampliando su poder de decisión al momento de la compra. En cuanto a la influencia de los consumidores sobre la **agenda pública**, un ejemplo notable son los crecientes requisitos de **etiquetado de alimentos**. Si bien los mecanismos voluntarios para el etiquetado de alimentos han sido utilizados históricamente como una estrategia de diferenciación de productos, el **etiquetado obligatorio** de productos para alimentos que contienen OGM o que tienen un porcentaje superior al recomendable de cierta característica nociva para la salud (grasas saturadas, azúcar, sodio, etc.) es cada vez más frecuente. La ley de etiquetado de alimentos de Chile es un caso paradigmático en el Cono Sur, con resultados preliminares auspiciosos.

CAMBIO CLIMÁTICO (CC)

Uno de los desafíos centrales de los próximos años será cómo los sistemas de producción de alimentos van a rediseñarse para **incrementar la resiliencia** ante los impactos del CC. Según los reportes internacionales, en los últimos años el CC ha causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos, las cambiantes precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos y los impactos negativos del CC en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos. La mayoría de los países del mundo están elaborando

planes de mitigación y adaptación al CC para los sectores más importantes de sus economías.

Los impactos del CC sobre los sistemas de producción es un área activa de investigación. Algunas estimaciones muestran una reducción del rendimiento promedio en alrededor del 17 % para el año 2050 debido al CC, las cuales se reducirían al 11 %, si se tiene en cuenta la respuesta endógena por parte de los agentes económicos. En relación con los países de América Latina y el Caribe (ALC), en un reporte elaborado en 2016 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la

Agricultura (FAO), La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), se establece que el CC va a afectar negativamente los rendimientos y comprometer la seguridad alimentaria de la región, siendo Bolivia, Ecuador, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Paraguay los países más afectados. Se espera que el CC altere las áreas óptimas para cultivar café, caña de azúcar, papa y maíz, entre los cultivos más importantes (gráfico 8). Otra área activa de investigación es la valoración de servicios ecosistémicos y la importancia de estos para regular los efectos del CC.



Gráfico 8. América Latina y el Caribe: impactos del cambio climático esperados para 2050. Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)/Comisión Económica para ALC (CEPAL), Gráficos vitales del cambio climático para ALC. Edición especial para la CP16/CP-RP 6, México, Bogotá, 2010. Reproducido en “Seguridad alimentaria, nutrición y erradicación del hambre-CELAC 2025: elementos para el debate y la cooperación regionales”, CEPAL-ALADI-FAO (2016).

En ALC, el diseño de políticas públicas de mitigación y adaptación al CC debe estar anclado en una **visión de largo plazo** de la región (2030-2050); en el reconocimiento de la **paradoja temporal** (se necesita actuar en forma inmediata, aun cuando el CC es de largo plazo); en la consideración de una **doble asimetría** (los países que históricamente contribuyeron menos son los más vulnerables y, dentro de dichos países, los segmentos más pobres son los que mayores consecuencias sufren); y en la necesidad de priorizar la instrumentación de **estrategias de adaptación**.

Por último, se observa en la comunidad internacional la reorientación del financiamiento hacia proyectos vinculados a la adaptación, la mitigación y/o políticas de conservación de los ecosistemas, así como mayores gastos en I+D en tecnologías climáticas. En 2017, el financiamiento para el clima que otorgaron los seis bancos multilaterales de desarrollo (BMD) más importantes del mundo alcanzó la cifra más alta en siete años, USD 35 200 millones, que representa un aumento del 28 % respecto del año anterior. En cuanto a la financiación del I+D para **tecnologías relacionadas con el clima** (*climate technologies*), se destaca que las inversiones se concentran en EE. UU., Japón y Alemania, que son fundamentalmente de carácter público y que, si bien las inversiones se han incrementado en forma sustancial desde el principio de siglo, aún representan una proporción baja del total de la inversión en I+D global.

TRANSFORMACIONES DE LAS CADENAS DE VALOR AGROALIMENTARIAS

Las cadenas de valor agroalimentarias en el Cono Sur están siendo objeto de transformaciones estructurales, impulsadas por el nuevo contexto global y regional. **En primer lugar**, se observa una tendencia a una **mayor integración de América Latina a las cadenas globales de valor** (CGV). En las CGV las empresas llevan a cabo un proceso de desverticalización de fases completas de su proceso productivo, al mismo tiempo que amplían o focalizan las actividades que tienden a controlar. La inserción en las CGV no es neutral y se generan múltiples debates en relación con sus

efectos sobre el comercio, la industrialización y la distribución de beneficios a lo largo de la cadena.

En segundo lugar, se destaca el **crecimiento de las empresas transnacionales de capital latinoamericano**, conocidas comúnmente como *empresas translatinas*. Este crecimiento se manifiesta en el incremento observado del flujo de inversión extranjera directa desde América Latina hacia el resto del mundo entre el período 2004-2013. Las cuatro empresas translatinas agroindustriales más importantes en la actualidad son de origen brasileño.

En **tercer lugar**, las inversiones chinas en ALC continúan en ascenso. Las empresas chinas realizaron 303 transacciones en ALC en el período 2001-2016, evidenciándose un crecimiento significativo de las transacciones en el período 2010-2016. En relación con las inversiones por país de destino, Brasil recibió el 48,3 %, Perú el 10,9 %, Argentina el 9,3 % y Chile el 2,9 %. Las consecuencias de la **penetración china en el Cono Sur**, sea a través de inversión en recursos naturales o en inversión en empresas agroalimentarias y de energía, son objeto de álgidos debates en cuanto a sus efectos sobre el grado de procesamiento de las exportaciones, el empleo, la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales y la soberanía alimentaria en la región.

En **cuarto lugar**, se observa una **creciente concentración en el mercado de insumos agrícolas**. Los seis grandes jugadores del mercado mundial de semillas y agroquímicos se verán reducidos a cuatro jugadores en el corto plazo. Cabe destacar que el porcentaje de venta de semillas de los cuatro principales jugadores del mercado en EE. UU. se incrementó, entre el año 2000 y el año 2015, del 60 % al 85 % y del 51 % al 76 % en maíz y soja, respectivamente. Los efectos de las fusiones sobre los esfuerzos de innovación no son lineales, pues tienden a incrementar el esfuerzo en I+D a bajos niveles de concentración, efecto que empieza a ser contrarrestado por las estrategias de protección de los desarrollos actuales cuando la concentración se acentúa.

Finalmente, la inserción del sector agropecuario y agroalimentario en los mercados internacionales conlleva la necesidad de cumplir con exigencias cada vez más complejas en términos de

inocuidad de alimentos, trazabilidad y huella ambiental.

EXIGENCIAS CRECIENTES DE ACCESO A LOS MERCADOS

El acceso a los mercados internacionales de alimentos es cada vez más complejo, impulsado tanto por políticas internas de países con una larga historia de protección de su sector primario, así como por las nuevas demandas de la sociedad en términos de la sostenibilidad económica, social y cultural de los sistemas de producción. La reducción generalizada de aranceles a nivel global ha dado lugar a un crecimiento de las barreras no arancelarias (BNA), es decir a aquellas restricciones que no se efectivizan mediante la aplicación de aranceles. Las BNA más importantes son las cuotas, la imposición de licencias no automáticas, los subsidios domésticos, las medidas sanitarias y fitosanitarias (MSF), los obstáculos técnicos al comercio (OTC), los requerimientos en términos de leyes de propiedad intelectual y las reglas de origen. En este documento nos focalizamos en las MSF y los OTC por su importancia en el comercio de productos agropecuarios.

Las MSF deben tener un sólido fundamento científico, ya que son necesarias para la protección de la salud humana o animal y para la preservación de los vegetales, al impedir el ingreso a un país de aquellas mercancías que puedan dañar la salud de la población, debido al posible contenido de elementos nocivos de tipo físico, químico o biológico. La regulación por MSF incluye requerimientos de etiquetado y empaque, límites de tolerancia a sustancias nocivas, prohibiciones de importación para evitar pestes, requerimientos higiénicos, tratamientos de fumigación, irradiación, entre otras. Cabe destacar que, en la XI Conferencia Ministerial de la Organización Mundial del Comercio (OMC), 17 países (entre ellos **todos los países del Cono Sur**) firmaron una declaración en que reconocen la importancia de basar las medidas sanitarias (y en particular, los **límites máximos de residuos de plaguicidas**) en la **normativa internacional de referencia** y en **análisis de riesgo científicos**, de modo de evitar barreras injustificadas en el comercio internacional.

Los OTC, por otra parte, incluyen condiciones en cuanto a la tolerancia a sustancias prohibidas, requisitos en el transporte, etiquetado y empaque, límites de calidad, cumplimiento de procesos de evaluación de la conformidad (pruebas, certificaciones, sellos, inspecciones, trazabilidad e historia, entre otros).

Vinculado a las MSF y OTC corresponde mencionar que en los últimos años han aumentado las exigencias ambientales aplicadas a los productos comerciales. Están tomando relevancia indicadores como la **huella de carbono** y la **huella hídrica**. En la actualidad ya hay algunos países que implementaron etiquetados para determinar estos indicadores en los productos que importan y las perspectivas a futuro muestran una consolidación de esta tendencia.

Más allá de las normas públicas al comercio, que generalmente están centradas en **requisitos de calidad e inocuidad**, los estándares privados en el mercado de alimentos crecieron fuertemente en las últimas décadas. Si bien **los estándares privados son de carácter voluntario**, de facto actúan como restricciones efectivas al comercio, dado que en muchos casos son más difíciles de cumplir que las normas públicas. Ejemplos de ellas son los estándares voluntarios, códigos y esquemas de certificación y pueden estar referidos a empresas minoristas (*retails*), a estándares nacionales colectivos y/o a estándares multilaterales.

NUEVAS TENDENCIAS EN EL FINANCIAMIENTO Y ORGANIZACIÓN DE LA CIENCIA E INNOVACIÓN

Los cambios políticos, sociales y culturales están llevando a una profunda reflexión sobre los modelos tradicionales de gestión y organización de la ciencia e innovación. Si bien este debate no es nuevo, las discusiones se han intensificado, en función de los desafíos que presenta la sostenibilidad de los sistemas nacionales de innovación. En esta megatendencia se recogen algunos aspectos del debate, ya que su análisis integral requeriría otro espacio para su desarrollo.

En primer lugar, en las universidades de EE. UU. los puestos laborales con **menor estabilidad** están ganando peso relativo y se fomenta

la continuación de líneas de trabajo existentes en contraposición a la exploración de nuevas áreas, dada la mayor probabilidad de asegurar financiamiento mediante la aplicación de *grants*. **En segundo lugar**, desde los financiadores internacionales se está fomentando la **investigación transdisciplinaria y en redes**. **En tercer lugar**, filántropos han incrementado su presencia en el mercado de la innovación, mediante la inversión en *start-ups* con potencial de desarrollar tecnologías disruptivas, que ayuden a resolver problemas esenciales de la humanidad. Asimismo, instrumentos innovadores para la financiación de I+D, tales como el **crowdfunding**, están ganando popularidad. En su forma más simple, este instrumento implica el llamado abierto por parte de emprendedores, utilizando plataformas *online*, a inversores, donantes, filántropos y otros, para la financiación de un proyecto, donde cada uno de ellos contribuye con pequeñas inversiones.

Otra tendencia central ha sido la implementación de instrumentos destinados a **incrementar la colaboración** entre los actores del ecosistema de innovación. El objetivo de este tipo de instrumento es solucionar algunas de las fallas de mercado que afectan la innovación empresarial, mediante el incentivo a estrategias asociativas que ayuden a internalizar *spillovers* de conocimiento, coordinen el uso de activos complementarios y compartan el riesgo tecnológico de las inversiones en innovación realizadas por agentes del sector privado. Un ejemplo de estos instrumentos son los **consorcios tecnológicos o consorcios de innovación**, cuyo rasgo central es la existencia de cooperación entre firmas, a través de acuerdos formales para desarrollar proyectos en que la inversión conjunta en I+D tiene como objetivo incrementar el conocimiento científico y tecnológico y aplicar este conocimiento a la creación de procesos y productos nuevos y mejorados.

Adicionalmente, los **modelos de innovación abierta** están progresivamente formando parte de los sistemas de innovación de los países. Inicialmente pensados para grandes empresas, con foco en la industria, se basan en combinar los conocimientos internos de la organización con los conocimientos externos para impulsar proyectos de I+D orientados al mercado. Hay tres ingredientes esenciales del paradigma de la

innovación abierta, personas; aliados o colaboradores; e **inteligencia colectiva**. El campo de la innovación abierta todavía se encuentra en una etapa temprana y ofrece un amplio campo en el que académicos, practicantes y decisores políticos pueden ser protagonistas. La transición a una nueva etapa de la innovación abierta, denominada **Innovación Abierta 2.0**, implica percibir a las inversiones en I+D+i como instrumentos para el cambio estructural, basado en la formación de **redes de innovación** y en la co-construcción del conocimiento.

Finalmente, se está observando la consolidación y creación de nuevos parques científicos y tecnológicos y distritos de innovación. Los **parques de investigación** surgieron de la colaboración entre universidades, desarrolladores privados y el Estado, que diseñaron y construyeron *clusters* de laboratorios y firmas para atraer científicos con orientación emprendedora, de modo de incrementar la comercialización de la investigación. En la actualidad se estima que existen más de 400 parques científicos, de los cuales más de 150 están localizados en EE. UU.. Los **distritos de innovación** constituyen una fase más en la evolución de los parques científicos, los cuales son impulsados por el creciente valor de la proximidad y la densidad en la nueva economía del conocimiento y se definen como áreas geográficas donde instituciones líderes anclas (*anchor institutions*) y empresas se conectan con *start-ups*, incubadoras y aceleradoras de negocios. Los distritos de innovación surgen como respuesta a las debilidades de los parques de innovación: corredores suburbanos de campus corporativos espacialmente aislados, accesibles solo por automóvil, con escaso énfasis en la calidad de vida o en la integración del trabajo, la habitabilidad y la recreación.

NUEVOS PARADIGMAS, ENFOQUES Y/O MODELOS PARA LA PRODUCCIÓN

La necesidad de diversificar la matriz energética convencional, las consecuencias ambientales que hoy genera la agricultura moderna y los nuevos desafíos de seguridad alimentaria han impulsado el surgimiento de nuevos enfoques

y/o paradigmas que tienen una creciente influencia en las discusiones a nivel país y en los foros internacionales. Entre ellos se destacan la bioeconomía, la intensificación sostenible en sentido amplio (que incluye la intensificación sostenible convencional, la intensificación ecológica y la intensificación agroecológica) y los sistemas de alimentación (*Food Systems Approach*).

La **bioeconomía** ha adquirido notoriedad en la última década, en la medida en que los países desarrollados abundantes en recursos naturales la han ido incorporando como una parte esencial de sus estrategias de desarrollo. El núcleo del concepto se refiere a la sustitución progresiva de los productos derivados de combustibles fósiles por recursos renovables de origen biológico, que minimicen la pérdida de recursos 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**. La bioeconomía es un instrumento para el desarrollo territorial resiliente y se han ido configurando diferentes visiones de acuerdo con las características específicas de los países y regiones.

En la actualidad los principales países del mundo cuentan con estrategias nacionales de bioeconomía bien definidas (Alemania desde 2010, Finlandia desde 2014 y Francia desde 2017, por ejemplo). Los países del Cono Sur que exhiben una mayor institucionalidad en la actualidad son Brasil y Argentina, pero aún sin contar con una estrategia nacional en el marco de una estrategia de desarrollo. El Cono Sur tiene un gran potencial para basar sus estrategias de desarrollo en la bioeconomía, dado que es una de las **plataformas fotosintéticas** más importantes del mundo y cuenta con una variada disponibilidad de recursos biológicos.

Adicionalmente, en las últimas décadas ha tomado relevancia la necesidad de **intensificar la producción agrícola**, pero de forma sostenible en términos económicos, ambientales y sociales. En la actualidad, podríamos decir que conviven tres modelos predominantes y ampliamente extendidos en la literatura científica: el modelo de **intensificación sostenible convencional (IS)**, el modelo de **intensificación ecológica (IE)** y el modelo de **intensificación agroecológica (IAE)**.

El modelo de **IS** es el predominante en el discurso internacional y ha sido ampliamente aceptado en foros y organismos internacionales (CGIAR, FAO, SDSN, entre otros), gobiernos, donantes, empresas nacionales y transnacionales de agrobusiness, instituciones de I+D+i y gran parte de la comunidad científica. La IS otorga un papel central a la ciencia y la innovación y a los desarrollos tecnológicos, entendiendo que la investigación científica es el ámbito donde se pueden generar innovaciones que mejoran la cantidad y la calidad de la producción de alimentos. Es un concepto relativamente abierto en el sentido de que no orienta o privilegia ninguna visión, método o tecnología de producción agropecuaria en particular, centrándose más en los fines que en los medios para alcanzar la sostenibilidad.

Por otro lado, la **IE** y la **IAE** se caracterizan por su **enfoque ecosistémico**, proponiendo un uso inteligente de las funcionalidades y servicios que estos ecosistemas ofrecen. Estos modelos cuestionan la viabilidad del modelo de IS convencional, en el entendido de que no es realmente sostenible en la dimensión social ni desde un punto de vista termodinámico, ni ecológico, ni ecoeficiente, siendo además ineficaz en preservar la seguridad alimentaria del planeta y contribuye a la pérdida de la biodiversidad. La investigación sobre la IE y la IAE requiere un cambio en los principios disciplinarios. Las diferencias entre los conceptos de IE y IAE son sutiles, pero relevantes para la discusión política e institucional. Las definiciones de IAE **incorporan explícitamente las dimensiones social y cultural** y enfatizan la importancia de utilizar el conocimiento local de los productores para definir estrategias de innovación, así como ensalzan el **enfoque de sistemas** para la producción agropecuaria.

Finalmente, la comunidad internacional está incorporando en sus planes de acción los enfoques de **sistemas alimentarios (SA)**, como consecuencia de los nuevos desafíos de seguridad alimentaria que plantea el siglo XXI, prevalencia de la desnutrición, deficiencias en los micronutrientes y sobrepeso y obesidad. A pesar de los progresos logrados en el siglo XX, se estima que 800 millones de personas aún permanecen en estado de **desnutrición**, que explica el 45 % de las muertes de niños menores de cinco años. Las

deficiencias en micronutrientes se refieren a la inadecuada ingesta de vitaminas y minerales, principalmente vitamina A, hierro y yodo. Finalmente, el avance de los niveles de sobrepeso y obesidad en los últimos años ha sido alarmante: se estima que en la actualidad 1900 millones de personas tienen sobrepeso, de los cuales 400 millones son obesos. El sobrepeso y la obesidad están relacionados con el incremento de las enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer y se estima que hoy causan más muertes que la desnutrición. El concepto de **“Una sola salud”**, impulsado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la FAO y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), está estrechamente vinculado a este enfoque, en que se consideran los aspectos vinculados a la interfaz entre la salud humana, animal y ambiental.

El enfoque de SA enfatiza el rol de las dietas como nexo entre los sistemas de alimentación y los resultados en términos de **salud y nutrición**, remarca la importancia de los **entornos de alimentación** para facilitar elecciones sostenibles y saludables por parte de los consumidores y, finalmente, tiene en cuenta el impacto de los sistemas de producción y alimentación en las dimensiones económica, ambiental y social. El concepto de entornos de alimentación incluye tanto los aspectos económicos y de proximidad a los alimentos, así como la **promoción, publicidad e información** de los alimentos y temas relacionados con la **calidad y la inocuidad** de los alimentos.

CONCENTRACIÓN Y EXTRANJERIZACIÓN EN EL MERCADO DE TIERRAS

Las zonas rurales y urbanas-rurales están experimentando un conjunto de cambios estructurales, que pueden tener una fuerte incidencia sobre las condiciones de vida y el potencial de producción de zonas rurales hacia el futuro. Uno de los más relevantes en la actualidad es el **proceso de concentración y extranjerización de tierras en zonas rurales**, procesos asociados pero diferenciables.

La concentración en el mercado de tierras rurales es un proceso que tiene una larga historia, que adquirió una nueva dinámica con posterioridad a

la crisis alimentaria de 2008. En la UE los productores de mayor tamaño, que representan el 2,7 % del total de productores, controlan actualmente el 50 % de la tierra cultivable. La preocupación europea sobre este proceso de concentración radica en su impacto sobre la agricultura (vía mayores precios o alquileres que dificultan el acceso a la tierra a productores pequeños y medianos) y en su impacto sobre la sociedad, especialmente en lo que se refiere a la gestión de los recursos naturales.

En los países de África y Asia, el proceso se caracterizó por la compra de grandes extensiones con el objetivo final de destinarlas a la producción de alimentos. En estas compras, además, se vieron involucrados gobiernos extranjeros o empresas vinculadas a ellos, con lo que al proceso de concentración se sumó el de la extranjerización, bajo la premisa de asegurar tierra y recursos naturales para un potencial escenario de continuidad en la crisis alimentaria. A fines de 2008, se estimó que países de Oriente Medio (Qatar, Arabia Saudita, Kuwait) y países del Este asiático controlaban más de 7 millones de hectáreas cultivables en el extranjero.

En el Cono Sur, por su parte, la concentración y la extranjerización han adquirido múltiples formas y dinámicas novedosas, que exceden el sentido estricto de propiedad o adquisición a través de los que se intentó comprender estos fenómenos. Los *pooles* de siembra, los fondos de inversión agropecuarios y la consolidación de mega-empresas en el sector agropecuario son ejemplos de estas novedosas formas de concentración que surgieron en la última década.

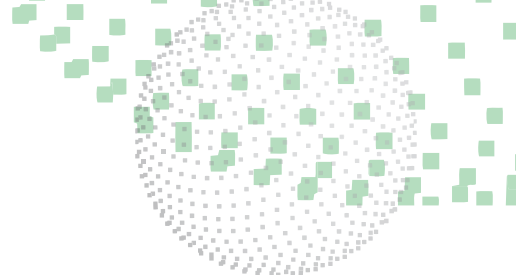
Las diferencias entre el proceso en el Cono Sur y en Asia y África radican en el hecho de que una mayor proporción de las tierras que se comercializan se encuentra en manos privadas; en el rol clave que juegan las élites domésticas; en la importancia de las compañías translatinas en este mercado; en la escasa significancia de inversiones de los Estados del Golfo, China, Corea del Sur e India; y, fundamentalmente, en que la concentración ocurre en países que no tienen estados débiles o fallidos, como es el caso en África.

Estos fenómenos de concentración y extranjerización impactan en la imposibilidad de revertir

las tendencias en la migración campo-ciudad, pero también provocan la expulsión de los productores más pequeños del campo, que pierden sus tierras (ya sea por arrendarlas o venderlas), sus puestos de trabajo o incluso su autonomía como productores en el marco de los procesos de producción de alimentos cada vez más concentrados. De esta forma, se pone en riesgo a las poblaciones rurales y se genera una serie de

conflictos socio-territoriales (por la posesión y el uso de los recursos) de diversa índole y profundidad. Una mirada alternativa es pensar a estos procesos como una oportunidad para poner en producción zonas agrícolas de alto potencial, por medio de inversiones de magnitud, que funcionen como un seguro ante escenarios complejos en la seguridad alimentaria global.

Incertidumbres críticas del sector agropecuario y agroalimentario



Las incertidumbres críticas (IC) son aquellos factores, tendencias y procesos que tienen capacidad de dinamizar el objeto del sistema bajo estudio y cuya resolución permite avizorar futuros alternativos. En otras palabras, son **fuerzas motoras del cambio que presentan un alto grado de incertidumbre** acerca de su evolución futura. La combinación de megatendencias e incertidumbres críticas nos permite comenzar a imaginar escenarios futuros de la innovación en el sector agropecuario y agroalimentario del Cono Sur, indagar sobre

las potenciales amenazas y oportunidades e identificar problemáticas claves y desafíos. En el cuadro 2 se muestran las IC seleccionadas y sus potenciales desdoblamientos hacia el futuro. Cabe destacar que los desdoblamientos no tienen una naturaleza probabilística, sino más bien se trata de capturar evoluciones posibles de cada una de las incertidumbres consideradas claves para el sistema bajo estudio². Una breve justificación de las hipótesis presentadas se podrá consultar en el trabajo completo.

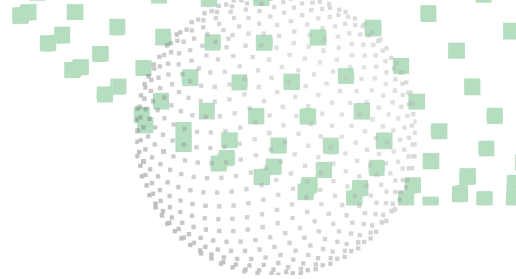
■ **Cuadro 2.** Incertidumbres críticas y desdoblamientos seleccionados

Incertidumbre crítica	Desdoblamientos
Evolución de la economía global	Crisis de crecimiento en los países emergentes asiáticos
	Cierre de brecha en un contexto de crecimiento global
	Estancamiento global y crisis recurrentes
Evolución de la geopolítica global	Predominancia de un mundo bipolar con eje EE. UU.-China
	Hacia una nueva multipolaridad global
Apertura de los mercados internacionales de alimentos	Proteccionismo global y guerras comerciales frecuentes
	Mayor peso de los acuerdos bilaterales de comercio
	Fortalecimiento del multilateralismo
Regulación de las nuevas tecnologías en los países del Cono Sur	Adaptación no diferenciada de la regulación internacional
	Adaptación diferenciada a la regulación internacional
	Desarrollo de marcos regulatorios propios
África en el mercado internacional de alimentos	África no despega en términos productivos
	Crecimiento incremental de la productividad en África

2. Una breve justificación de las hipótesis presentadas está disponible en el documento completo “El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo tecnológico global”.

Evolución de la productividad en el sector agropecuario	Estancamiento
	Crecimiento tendencial
	Nueva revolución impulsada por las tecnologías emergentes
Evolución de las energías renovables	Sustitución progresiva de combustibles fósiles
	Disrupción en el mercado energético
Percepción pública de la ciencia y la tecnología	Mayor peso de las emociones o creencias personales en los debates científicos y tecnológicos
	Menor peso de las emociones o creencias personales en los debates científicos y tecnológicos

Preguntas claves del futuro



El camino recorrido hasta el momento nos ha permitido identificar un conjunto de megatendencias e IC determinantes para el futuro del sector agropecuario y agroalimentario en el Cono Sur, con foco en la ciencia, tecnología e innovación. Esas megatendencias e IC fueron discutidas y analizadas críticamente en el taller con *stakeholders* externos, concluyendo con un ejercicio de priorización de problemas y oportunidades, utilizando como criterios de priorización la dimensión regional del problema y/u oportunidad y su pertinencia para la actividad de los INIA³.

Para finalizar esta etapa del presente estudio, ya que es un producto de un proceso de construcción colectiva aún en movimiento, quisiéramos dejar un conjunto de interrogantes claves que pueden servir eventualmente como catalizadores de discusiones posteriores en el ámbito de los INIA, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el PROCISUR:

1. ¿Cómo puede el Cono Sur construir una **visión regional** que le permita evolucionar desde su posición actual como **reserva alimentaria global** hacia un futuro donde también sea una **potencia bioeconómica global**?
2. ¿En qué medida las instituciones de ciencia y tecnología del Cono Sur están preparadas para dar un salto tecnológico en la producción de *commodities* agropecuarios, alimentos y bioproductos, compatible con los desafíos que plantea una nueva era de **convergencia tecnológica**?
3. ¿Cuáles son las **capacidades o competencias** que les permitirían a las instituciones de ciencia y tecnología y de cooperación técnica del Cono Sur estar en sintonía con los nuevos escenarios globales?
4. ¿Cómo se deberían repensar los **modelos de organización de la ciencia e innovación**

agropecuaria en los países del Cono Sur para que sean resilientes al nuevo escenario tecnológico?

5. ¿Cómo deberían estructurarse los **instrumentos y programas de cooperación regional**, de modo de crear las sinergias necesarias para la elaboración de una agenda regional de I+D+i para el sector con visión de futuro?
6. ¿Qué características deberían tener los programas de cooperación regional para que la construcción de una visión compartida sea menos permeable a los **cambios políticos** en los países del Cono Sur?
7. ¿Cómo se podrían fortalecer las interacciones entre ambiente y agricultura, de modo que el proceso de expansión del sector agropecuario sea compatible con el enfoque de **sistemas alimentarios sostenibles**?
8. ¿En qué medida la dinámica de los **cambios socioculturales** en la agricultura puede acelerar o retrasar el protagonismo del Cono Sur en el mercado mundial agroalimentario y cómo afecta esta dinámica a las agendas de I+D+i de los países del Cono Sur?
9. ¿Cómo los miembros del PROCISUR se podrán adaptar a una nueva era dada por la irrupción de los **nativos digitales** en la fuerza laboral?

El estudio que en esta oportunidad se presenta tuvo el aporte significativo de un grupo de profesionales y *stakeholders* externos de los miembros del PROCISUR. Los autores del estudio, uno de cada INIA del Cono Sur, fueron designados oportunamente por las instituciones para ser referentes de este proceso de construcción colectiva, con visión regional, que es la **Red de Inteligencia Estratégica y Prospectiva del PROCISUR**.

3. Los detalles del taller están disponibles en el documento completo "El Cono Sur ante una instancia crucial del desarrollo tecnológico global".

Reconocimientos

Agradecemos especialmente a los siguientes profesionales y *stakeholders* externos por su predisposición a participar de los talleres y por sus aportes de ideas, sugerencias y contenido en diferentes instancias del proceso.

REPRESENTANTES DE LOS INIA:

- INIA Uruguay:** Nicolás Gutiérrez, Bruno Ferraro y Miguel Sierra.
- INIA Chile:** Dagoberto Villarroel y Rodrigo Avilés.
- EMBRAPA:** Judson Ferreira Valentim, Livia Torres, Hércules Prado, Thomaz Fronzaglia, José Eloir Denardin, Renner Marra, Adalberto Araújo Aragão y Mierson Martins Mota.
- INTA Argentina:** Carlos Lacoste, Silvina Papagno, Rubén Patrouilleau, Paula Schuff, Leticia González, Paula Sagula, Rosa Fernández y Ana Molnar.
- IPTA Paraguay:** Enrique Bareiro y Lorenzo Meza.

STAKEHOLDERS EXTERNOS:

- Argentina:** Ricardo Epifanio (Colegio de Ing. Agr. de Río Negro), Natalia López Castro (Universidad Nacional de Quilmes), Santiago Tiscornia (Grupo CREA).
- Brasil:** Fernanda Schwantes (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), Fernando Castanheira (Universidade de Brasília, UnB), José Vieira (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA), Joaquim Bento Ferreira Filho (Universidad de São Paulo, USP).
- Chile:** Jorge Valenzuela Trebilcock (Asociación de Viveros de Chile), Soledad Hidalgo y Álvaro Eyzaguirre Pepper (Fundación para la Innovación Agraria, FIA), Francisco Rossier (Transforma Alimentos), María Emilia Undurraga Marimón (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA).
- Paraguay:** Henry Moriya (A-Fines Consultora), Lorenzo Benítez (Centro Azucarero y Alcoholero del Paraguay, CAAP).
- Uruguay:** Ignacio Arboleya (Centro Cooperativista Uruguayo, CCU), Santiago Dogliotti (Agencia Nacional de Investigación e Innovación, ANII Uruguay), Gonzalo Souto y Catalina Rava (Oficina de Programación y Política Agropecuaria, OPyPA/MGAP), Carolina Da Silva (Oficina de Planeamiento y Presupuesto de la República, OPP) y Sergio Pieroni (PROFARM LatAm).

Un especial agradecimiento a la Dra. Elaine Marcial (McKenzie University), quien organizó y coordinó conjuntamente con el INTA de Argentina y la Secretaría Ejecutiva del PROCISUR los dos primeros seminarios-taller del proceso.

