

La investigación científica agropecuaria en Argentina: buena, pero en deuda

Actividad agropecuaria e investigación científica y tecnológica

Los seres humanos nos alimentamos fundamentalmente de plantas y animales domesticados. De ambos obtenemos además fibras (por ejemplo, para la ropa, los muebles o los tapizados de los autos) y energía. Las empresas agropecuarias cultivan plantas y crían animales en el campo para obtener los productos que consumimos diariamente. Para cultivar plantas, criar animales y gestionar empresas agropecuarias hace falta saber. Ese saber se nutre de la investigación científica y tecnológica. La producción agropecuaria moderna recurre al asesora-

miento profesional, usa tecnologías sofisticadas, atiende a problemas ambientales dentro y fuera de los predios de producción. No descansa únicamente en los saberes adquiridos empíricamente y transmitidos del padre al hijo y del hijo al nieto. La investigación científica identifica problemas, plantea hipótesis y las contrasta mediante observaciones o experimentos diseñados, analizados y revisados rigurosamente. Los avances de conocimiento son publicados en revistas científicas luego de un proceso de revisión. Distintos actores, incluidos los científicos, hacen llegar paulatinamente el conocimiento al resto de la sociedad.

¿De qué se trata el proceso de generación y desarrollo de conocimiento científico y su aplicación en la producción agropecuaria? ¿Cuán relevante es la investi-

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Cuáles son las características de la investigación en el sector agropecuario, y cómo se responde a la demanda del sector?

gación agropecuaria argentina en el contexto mundial? ¿Qué organizaciones la llevan adelante? ¿Qué temas son más atendidos? ¿Coinciden con lo que demandan quienes están en el día a día del manejo de los campos? Aquí responderemos estas preguntas tomando como casos de estudio a la investigación sobre trigo, maíz, soja y girasol. Estos son cultivos de los que se cosecha principalmente el grano (que luego se industrializa para generar alimentos y otros productos que consumimos diariamente), tienen un ciclo de vida anual (se deben sembrar todos los años) y abarcan cerca del 65% de toda la superficie agropecuaria del país (incluyendo aquella destinada a ganadería, forestación y fruticultura).

Conocimiento científico y desarrollo de tecnología

El conocimiento científico es acumulativo —se construye sobre lo que ya se conoce—, pero para que afecte a la actividad humana debe ser transmitido entre diferentes actores y convertido en tecnología —de insumos/productos o de procesos/servicios que se apliquen con ciertos fines—. Frecuentemente, las aplicaciones tecnológicas no son previstas por la investigación básica y, como ella revé continuamente sus hipótesis, pueden cambiar a lo largo del tiempo.

Un ejemplo dentro de la producción agropecuaria es la incorporación del cultivo de maíz tardío en la región pampeana. Tradicionalmente, el maíz se sembraba temprano, a principios de la primavera. De esta manera se aseguraba que creciera en las condiciones más favorables de radiación solar (energía para crecer) y menos expuesto en etapas sensibles a las plagas que abundan durante las semanas más calurosas de diciembre y enero (ver el artículo de Satorre y Andrade en este número). Sin embargo, la combinación de ciencia básica, desarrollo y extensión resultó en un cambio hacia maíces tardíos.

Primero, se encontró una solución para las plagas. Investigadores privados introdujeron, a mediados de los 90, genes de bacterias en el ADN del maíz que sintetizan proteínas que dañan el sistema digestivo de las plagas, acabando con estas. Las bacterias de esta historia habían sido descubiertas por un investigador de una universidad japonesa a principios del siglo XX. Pocos años después un alemán identificó cuáles eran las proteínas con efecto insecticida, y medio siglo más tarde, investigadores canadienses describieron su estructura.

Segundo, casi dos siglos de estudios de ciencias del suelo y los más recientes descubrimientos sobre los requerimientos de nitrógeno, un nutriente fundamental para el crecimiento del maíz, permitieron comprender



Mediciones de coloración de hojas de maíz.

que el maíz tardío requiere menos fertilizante. Esto se debe a que las altas temperaturas de la primavera y el verano aumentan la disponibilidad de nitrógeno natural del suelo en coincidencia con los momentos de mayor demanda por el cultivo.

Tercero, se desarrollaron modelos de simulación de cultivos, herramientas informáticas que condensan el conocimiento científico sobre el crecimiento y el desarrollo del cultivo y predicen el rendimiento de cultivos hipotéticos siempre y cuando se cuente con datos del clima y suelo del lugar.

Finalmente, en cuarto lugar, se determinó que el maíz tardío tendría menor rendimiento en años con alta provisión de agua, pero mayor rendimiento en años más secos, ya que estaría menos expuesto a las frecuentes sequías y altas temperaturas de principios de verano. Todo gracias a la existencia de datos climáticos recopilados durante muchos años que determinan la economía del agua con estudios de los procesos atmosféricos básicos.

Los productores recibieron toda esta información de asesores técnicos que estaban en constante contacto con los investigadores. Los primeros aportaron, además, su propia experiencia; por ejemplo, el mayor impacto que la sequía tuvo sobre el maíz temprano que sobre el tardío observado en la campaña 2008-2009. Sembrar el cultivo de maíz en un momento posterior al tradicional favorece la estabilidad del retorno económico al minimizar los riesgos, especialmente en las regiones con mayor probabilidad de sequía o presión de plagas. Actualmente, casi la mitad de la superficie de maíz en la región pampeana, la mayor del país, se siembra en fechas tardías. El cambio generó nuevas preguntas, actualmente bajo estudio. Esta interacción permite afrontar los nuevos desafíos utilizando una base científica.

El ejemplo del maíz ilustra la razón de ser de un sistema científico-tecnológico en la Argentina. Su contribución a los conocimientos que condujeron a este cambio tecnológico fue pequeña. Sin embargo, la labor de los investigadores locales tuvo otro efecto, pocas veces notado, pero de gran importancia: la investigación desafiante, original y rigurosa es la única forma de crearlos y mantenerlos como expertos altísimamente calificados; los convierte en procesadores y filtradores clave de los conocimientos y tecnologías que llegan desde el exterior; potencia su trabajo formador de profesionales y de nuevos científicos; los impulsa como agentes de transferencia de conocimiento al resto de la sociedad. La investigación no solo genera conocimiento, sino que también crea y mantiene el talento vivo del país en cada momento.

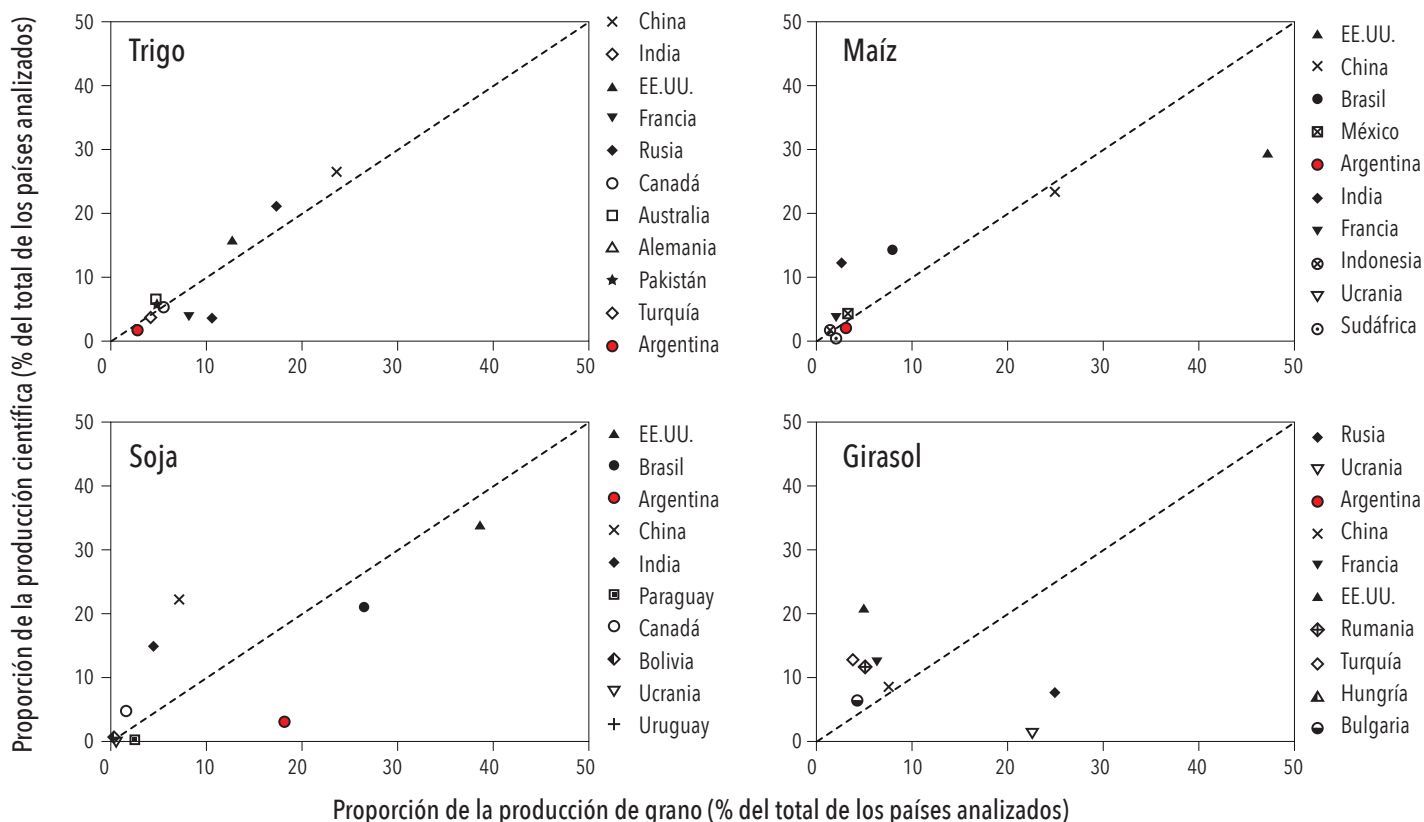
Producción de granos y producción científica de la Argentina y el resto del mundo

La producción de conocimiento científico por país en el conjunto de los cultivos estudiados se relaciona estre-

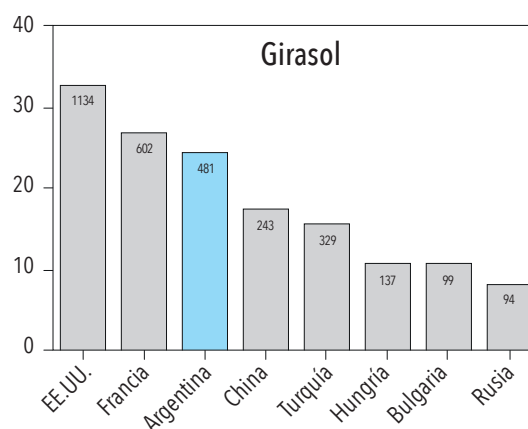
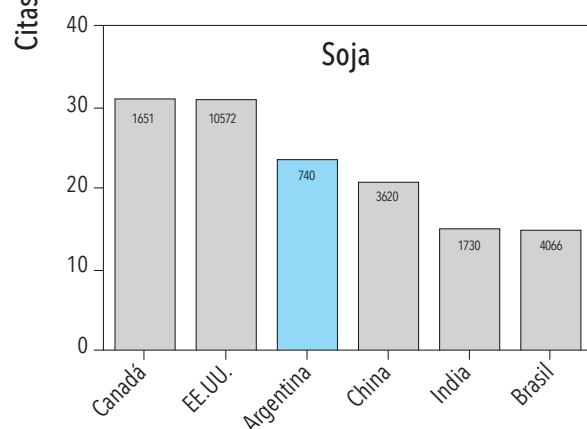
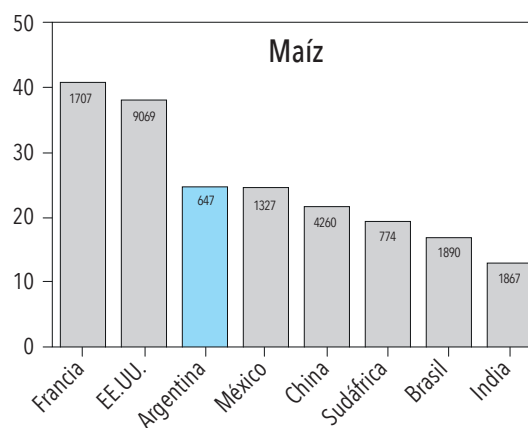
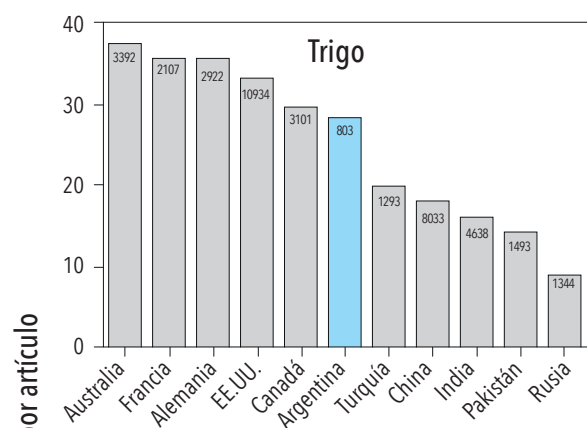
chamente con la inversión total en investigación y desarrollo agropecuario. Además, como indica el recuadro 'Los retornos económicos de la I+D agropecuaria en Argentina', la rentabilidad de la inversión en investigación científica agropecuaria es relativamente elevada. Sin embargo, la información respecto de la inversión de cada país en la investigación de cultivos particulares no está disponible, por lo que usar como indicador la producción total es una buena aproximación para comparar la producción de granos y científica entre cultivos y entre países.

La producción difiere mucho entre países. Por ejemplo, si se los ordena por producción decreciente de soja, el primero (Estados Unidos) produce nueve veces más que el quinto (India) y ochenta veces más que el décimo (Ucrania). De la misma manera, la intensidad de investigación sobre los cultivos difiere entre países (medida por la cantidad de artículos científicos publicados accesibles en la base de datos **CAB Abstracts**). Podríamos esperar que la contribución de cada país en investigación sobre un cultivo guardara una relación con la contribución en producción de granos. Sin embargo, no sucede exactamente así.

En el período 2000-2013, la producción de trigo de los países se alineó a grandes rasgos con la producción científica sobre ese cultivo, pero China, que fue el segundo país en producción de grano, fue el tercero en producción de trabajos publicados y Rusia, que fue el



Proporción de la producción científica versus proporción de la producción de grano por país para los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. El número de artículos publicados se obtuvo de CAB Abstracts. La línea punteada indica la relación 1:1.



Promedio de citas por artículo (barras) y artículos totales publicados (números dentro de barras) por cultivo en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Se muestran solo los países que publicaron en promedio al menos 10 artículos por año en trigo, maíz y soja o 5 artículos por año en girasol. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.

tercer productor de grano, fue décimo en producción científica. La producción de grano y conocimiento para el maíz se alinearon tal cual se esperaba: los países produjeron ciencia en proporción a su producción de grano. En soja, dos países se desviaron del patrón esperado: China ocupó el cuarto lugar en producción de grano, pero fue segundo en producción científica, mientras que la Argentina fue tercera en producción de grano y sexta en producción científica. La Argentina produce cerca del 18% de la soja mundial, pero menos del 2% del conocimiento sobre soja. El de girasol fue el cultivo con mayor disparidad entre producción de grano y de ciencia debido fundamentalmente a que los líderes de producción de grano mostraron una producción científica modesta (Rusia) o casi inexistente (Ucrania).

La Argentina, en definitiva, produjo ciencia acorde con su posicionamiento como productor de grano para los cultivos de trigo, maíz y girasol, pero produjo mucha soja con bajo correlato en publicaciones científicas. Posiblemente, la gran expansión en las últimas décadas de la superficie cultivada con soja que generó el posicionamiento como gran productor a nivel mundial fue traccionada por investigación no publicada en revistas científicas. El conocimiento desarrollado en ese sentido fue ejecutado en conjunto por laboratorios y organizaciones privadas y reflejado en mejores semillas, productos de protección de cultivos y mejo-

res prácticas relacionadas a cuándo sembrar en cada región del país.

La posición de la Argentina como actor científico sube significativamente cuando se ponderan los trabajos por su calidad (medida a partir de las citas que recibió cada artículo). Los artículos científicos argentinos recibieron un promedio de 25 citas, lo cual colocó al país entre la tercera y la sexta posición mundial según el cultivo en el período 2000-2013. En síntesis, y mientras en términos de cantidad de trabajos la Argentina se alineó en proporción al volumen de producción (con la excepción comentada para la soja), en términos de calidad se ubicó en un segundo nivel, solo detrás de países con alto desarrollo del sistema científico como Estados Unidos, Canadá, Australia y países de Europa occidental.

Organizaciones de investigación agropecuaria en Argentina

Entre 2000 y 2018, el conjunto de las universidades nacionales produjo la mayor proporción de los artículos científicos argentinos de alta y mediana calidad sobre los cuatro cultivos, seguido por el Conicet y el INTA (según Scopus). Sin embargo, las colaboraciones entre el Conicet, el INTA y las universidades nacionales fueron muy

LOS RETORNOS ECONÓMICOS DE LA I+D AGROPECUARIA EN ARGENTINA

El crecimiento de la productividad es un indicador clave para evaluar el comportamiento económico en el largo plazo. En el sector agropecuario el aumento de la productividad derivado del cambio tecnológico es lo que ha permitido una producción creciente de alimentos a costos cada vez menores a lo largo de los últimos cien años.

Sin embargo, el cambio tecnológico no ocurre de manera exógena, sino que se destinan valiosos recursos públicos y privados a la I+D en agricultura. A los efectos de analizar la eficacia y los impactos de las inversiones en I+D es relevante calcular beneficios y costos económicos que permitan estimar tasas de retorno social, comparar resultados y, eventualmente, realizar recomendaciones de política basadas en evidencia.

En un trabajo reciente se estimaron los retornos de la inversión en investigación agropecuaria en la Argentina. El trabajo estimó el cambio de productividad total en el sector agropecuario y lo relacionó, mediante un modelo econométrico, con las inversiones públicas en ciencia y tecnología utilizando como caso de estudio los presupuestos asignados al INTA.

Primero se estimaron las ganancias de productividad del sector agropecuario entre 1973 y 2016, suponiendo que se necesitaron al menos quince años para observar los efectos de las inversiones realizadas desde 1958 en el INTA. Estas ganancias se expresaron en millones de pesos constantes y lo mismo se hizo con los gastos en investigación.

De acuerdo con los resultados del trabajo, las ganancias totales de productividad del sector agropecuario entre 1973 y 2016 ascendieron a 17,6 billones de pesos de 2016 (un billón equivale a un millón de millones). Para ponerlo en magnitudes comparables, esto es equivalente a un monto de 2,5 veces el PBI de la economía argentina en 2016. Es decir, solo por mejoras de productividad el sector agropecuario, en 43 años, produjo un incremento de riqueza que equivale a dos veces y media el valor total de bienes y servicios producidos por la economía argentina en un año.

Con estos datos se calcularon la relación (ratio) beneficio/costo

y las tasas internas de retorno (TIR) de las inversiones, con una tasa de descuento del 5%. En el cuadro siguiente se sintetizan algunos resultados suponiendo distintos valores para el porcentaje de ganancias de productividad que podrían atribuirse a los gastos en investigación del INTA de nuestro país.

Ratio beneficio/costo y tasa interna de retorno INTA

	Porcentaje de las ganancias de productividad entre 1973-2016 atribuible a la I+D pública			
	100%	50%	25%	10%
Ratio beneficio/costo	21,6	10,8	5,4	2,2
Tasa interna de retorno	21%	17%	13%	9%

El cuadro muestra, por ejemplo, que atribuyendo a la I+D pública el 50% de las ganancias de productividad y utilizando una tasa de descuento del 5% anual, la ratio beneficio/costo es de 10,8 (casi 11 pesos de retorno por peso invertido), con una TIR del 17%, lo que sugiere una razonable tasa de retorno social de las inversiones públicas en I+D en la Argentina. Es de notar que las tasas de retorno entre el 9 y 21% son comparables a estimaciones similares realizadas en distintos países y con métodos similares: Alston *et al.* (2011) obtuvieron tasas de retorno de entre el 9 y 10% para los Estados Unidos entre 1949 y 2002; Berbejillo, Alston y Tumber (2012) del 23 al 27% para el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay entre 1961 y 2010; Butault *et al.* (2015) del 27 al 28% para el Institut National de la Recherche Agronomique de Francia entre 1959 y 2012, y Guesmi y Gil (2019) del 22 al 28% para el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de Cataluña entre 1985 y 2015.

LECTURAS SUGERIDAS

- ALSTON JM, ANDERSEN MA, JAMES JS y PARDEY PG, 2011, 'The economic returns to US public agricultural research', *American Journal of Agricultural Economics*, 93: 1257-1277.
- BERVEJILLO JE, ALSTON JM y TUMBER KP, 2012, 'The benefits from public agricultural research in Uruguay', *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 56: 475-497.
- BUTAULT JP, LEMARIÉ S, MUSOLESI A, HUARD F, SIMIONI M y SCHMITT B, 2015, 'L'impact de la recherche agronomique sur la productivité agricole française: une approche par le taux de rentabilité interne (TRI) des dépenses publiques affectées à la recherche agronomique en France', *INRA Sciences Sociales*, 1. DOI 10.22004/ag.econ.210178
- GUESMI B, y GIL JM, 2017, 'Measuring the impact of agricultural research on Catalan agricultural productivity', 2017 International Congress, 28 de agosto-1 de septiembre, Parma, European Association of Agricultural Economists.
- LEMA D y HERMO S, 2019, 'Impacto económico de la investigación agropecuaria en Argentina: el caso del INTA', documento de trabajo del Centro de Economía y Prospectiva, INTA, accesible en inta.gob.ar/documentos/impacto-economico-de-la-investigacion-agropecuaria-en-argentina-el-caso-del-inta



Daniel Lema

Doctor en Economía,
Universidad del CEMA.
Profesor titular, Universidad del CEMA.
Economista del Centro de Investigación en Economía y Prospectiva, INTA.
danilema@gmail.com

frecuentes, en gran medida debido a que los investigadores más prolíficos forman parte de dos o más organizaciones en simultáneo, pero también a que muchos trabajos se realizan en colaboración entre miembros de diferentes organizaciones. Si se toman las universidades nacionales por separado, el Conicet queda en primer lugar, con cerca del 35% de las publicaciones con al menos un autor de esa organización. Lo siguieron el INTA (20%) y la Universidad de Buenos Aires (18%). Si solo se considera la organización de pertenencia del autor principal, el Conicet contribuyó con el 25% de los trabajos, la Universidad de Buenos Aires con el 13% y el INTA con el 12%. Otras universidades nacionales también tuvieron una importante participación, principalmente las de La Plata, Córdoba, Mar del Plata y Rosario. Solo unas pocas empresas (Nidera, Advanta Semillas y Monsanto Argentina) y una ONG (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, **CREA**) se encontraron dentro de los primeros quince puestos en algún cultivo. Finalmente, las universidades privadas produjeron escaso conocimiento y estuvieron por debajo del puesto 15° en todos los cultivos. Casi la mitad de las publicaciones argentinas tuvieron al menos un coautor afiliado a una organización extranjera de un conjunto de 88 países, principalmente Estados Unidos, España y Brasil, nuevamente basado en Scopus. Debe tenerse en cuenta que aquí no se analizó comparativamente la eficiencia de las diferentes organizaciones para producir conocimiento a partir del gasto de los recursos asignados, pero un aná-

lisis particular puede verse en el recuadro 'Los retornos económicos de la I+D agropecuaria en Argentina'.

Temas estudiados

Los estudios realizados en la Argentina sobre ciencias agropecuarias en general comprenden una amplia variedad de disciplinas. Entre 2000 y 2018, la ecología fue la disciplina con más artículos publicados, seguida por ciencia animal y zoología, y ciencia de las plantas (fuente: Scopus). En general, el orden de las disciplinas se correspondió con el del resto de los países. Específicamente para los cuatro cultivos que venimos analizando, en trigo dominaron los estudios sobre el suelo, el nitrógeno, la calidad industrial, los genes y las enfermedades. En maíz, el suelo, los híbridos, el rendimiento en grano y el crecimiento. En soja, la proteína, el aceite, las raíces, las cepas de bacterias y los sistemas de producción en los que se asocia al cultivo de trigo como antecesor. En girasol, el aceite, la temperatura, los genes y la proteína. Los temas que han crecido en interés en las últimas dos décadas para todos los cultivos fueron el rendimiento, las cepas de enfermedades y los atributos de calidad. El único tema que ha perdido interés marcadamente fue la labranza convencional, o sea, el sistema de producción bajo el cual se laboreaba el suelo; este fue reemplazado, en gran parte del país, por la agricultura conservacionista de mínimo laboreo del suelo conocida como **siembra directa**.



Izquierda. Molécula de ADN donde reside la información genética de todos los seres vivos. Actualmente se realizan muchas investigaciones sobre el código genético de plantas y animales. **Centro superior.** Investigador sosteniendo una placa de Petri con un cultivo de bacterias. Estos seres vivos son investigados ya que pueden ser tanto perjudiciales como benéficos para los cultivos y animales. **Centro inferior.** Ensayo comparativo de variedades de soja. La respuesta de una variedad (genética) será diferente en cada ambiente (dado por el suelo, la atmósfera y el conjunto de seres vivos presentes en cada año y localidad) y un gran número de experimentos se realiza todos los años en la Argentina. **Derecha.** Los resultados de las investigaciones son finalmente transmitidos a los productores, quienes deciden adoptar nuevas tecnologías afrontando riesgos y esperando aumentar la productividad.


Demandas de los productores

Los productores o empresarios agropecuarios son el nodo central de la red que nuclea a los diferentes actores de la actividad agropecuaria. Ellos ejecutan las acciones finales y asumen los riesgos climáticos y económicos. Tradicionalmente distanciados por las grandes extensiones que cubren, hoy las herramientas tecnológicas los conectan con los investigadores y los divulgadores del conocimiento científico y técnico agropecuario. Una mirada a un sitio web que recibe consultas de productores o profesionales y las responde a través de un cuerpo de especialistas da una idea de los temas de interés en 'la trinchera' del manejo de los cuatro cultivos (ver links de interés).

Entre 2011 y 2019, la mayor parte de las consultas fueron sobre soja, seguida de maíz, trigo y girasol. En todos los cultivos, el control de adversidades como malezas, plagas y enfermedades dominó las consultas. Con menor frecuencia se recibieron aquellas sobre nutrición, fertilización, ecofisiología y manejo de cultivos. Respecto de los temas específicos, cuatro grupos principales pudieron identificarse: reconocimiento y control químico de plagas (con preponderancia en soja), productos, dosis, momento y umbrales para el control de enfermedades, manejo (fecha y densidad de siembra) y fertilización nitrogenada de cultivos y, por último, el grupo más buscado fue el que integró productos y dosis para el control de malezas, independientemente de la especie

cultivada. Evidentemente, los productores agropecuarios argentinos están actualmente muy preocupados por encontrar la manera de enfrentarse a las adversidades que deprimen el rendimiento de sus cultivos.

Conclusiones

La investigación científica y tecnológica impulsa la actividad agropecuaria y tiene altos retornos económicos. Ella implica la interacción constante entre actores de la red, que sustenta la producción de alimentos, fibras y energía (proveedores de insumos, productores agropecuarios, asesores técnicos, industrializadores y toda la cadena). Comparativamente, nuestro país genera pocas publicaciones científicas sobre cultivos, pero su calidad es alta. Sorprende la baja producción de conocimiento sobre soja dada su alta producción, lo que indica que hace falta generar más conocimiento sobre ese cultivo. La mayor parte de la producción científica agropecuaria se concentra en unas pocas organizaciones. Los temas investigados se encuentran solo parcialmente alineados con las demandas específicas de los productores primarios, que posiblemente fueron suplidas por investigaciones originadas en otras fuentes, como ilustramos para el caso del maíz. La producción científica publicada se centró en aspectos clave para el sistema de producción agropecuario como el suelo, los factores determinantes de los rendimientos y las rotaciones de cultivos. 

LECTURAS SUGERIDAS

BLAKE R, FERERES E, HENZELL T y POWELL W, 2002, 'Las ciencias agropecuarias en la Argentina', *CIENCIA HOY*, 70: 31-51.

CIENCIA HOY, 2005, 'La transformación de la agricultura argentina', 87, 15.

MAY RM, 1997, 'The scientific wealth of nations', *Science*, 275: 793-796.

OESTERHELD M, SEMMARTIN M y HALLA, 2002, 'Análisis bibliográfico de la investigación agronómica en la Argentina', *CIENCIA HOY*, 12, 70: 52-62.

PARDEY PG, CHAN-KANG C, DEHMER SP y BEDDOW JM, 2016, 'Agricultural R&D is on the move', *Nature*, 537: 301-303.

SEMMARTIN M, BOLLANI MV, OESTERHELD M y BENECH-ARNOLD R, 2012, 'Las ciencias agropecuarias como herramienta de crecimiento económico: un análisis basado en cuatro cultivos extensivos', *Interciencia*, 37: 457-463.

Enlaces de interés

www.cabi.org/publishing-products/cab-abstracts/

www.agroconsultasonline.com.ar



Diego Hernán Rotili

Doctorando en ciencias agropecuarias, magíster en agronegocios, FAUBA. Ayudante de primera, FAUBA. rotili@agro.uba.ar



Martín Oesterheld

Doctor en biología, Syracuse University, Estados Unidos. Profesor titular, FAUBA. Investigador superior del Conicet. Director del Instituto de investigaciones fisiológicas y ecológicas vinculadas a la agricultura, IFEVA, FAUBA-Conicet. oesterhe@agro.uba.ar