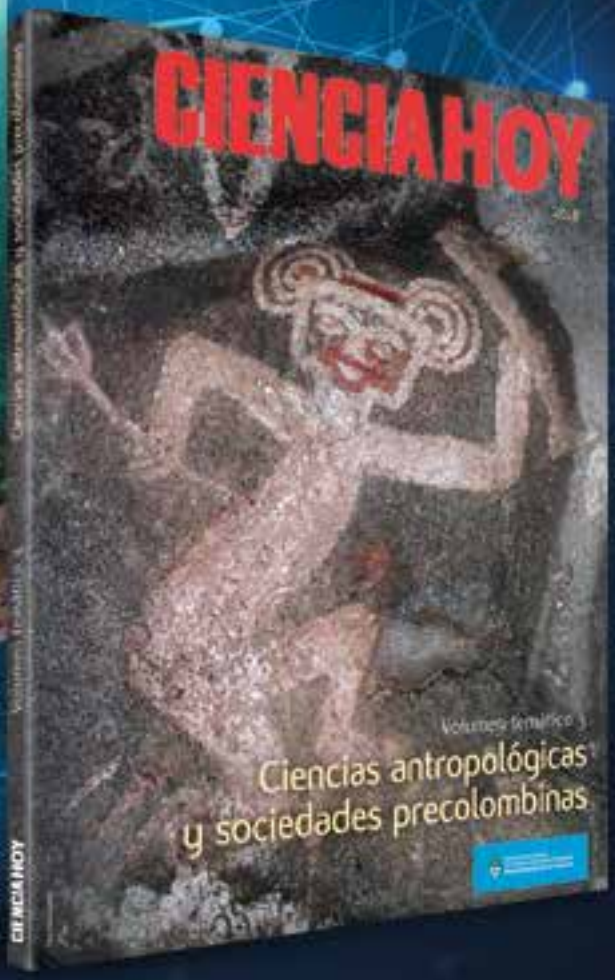
CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 29 número 173 diciembre 2020 - enero 2021
Ejemplar en la Argentina $290

Campo: 15 años después con más ciencia y tecnología

CIENCIA HOY

CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS



cienciahoy.org.ar contacto@cienciahoy.org.ar

@CienciaHoyOK RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 /4962 1330

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Aníbal Gattone

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de la revista puede reproducirse, por ningún método, sin autorización escrita de los editores, los que normalmente la concederán con liberalidad, en particular para propósitos sin fines de lucro, con la condición de citar la fuente.

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5° A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: (011) 4961-1824 y 4962-1330
Correo electrónico: *contacto@cienciahoy.org.ar*

cienciahoy.org.ar

Lo expresado por autores, corresponsales, avisadores y en páginas institucionales no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de CIENCIA HOY a opiniones o productos.

Editores responsables

Sebastián Barbosa
TECtv. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación

Patricia Ciccioli
Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires, UBA-Conicet

Federico Coluccio Leskow
Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján. Conicet

Cristina Damborenea
División Zoología Invertebrados, Museo de La Plata, FCNYM-UNLP. Conicet

Alejandro Gangui
Instituto de Astronomía y Física del Espacio, UBA-Conicet

Aníbal Gattone
Universidad Nacional de San Martín

Karina V Mariño
Instituto de Biología y Medicina Experimental, Conicet

Mariano I Martinez
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

José X Martini
–en uso de licencia–
Asociación Ciencia Hoy

Santiago Francisco Peña
Instituto de Historia Antigua y Medieval. UBA-Conicet

Nicolás Pírez
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-Conicet

Roberto R Pujana
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

Jorge L Roggero
Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. Conicet

Julia Rubione
Instituto de Investigaciones en Medicina Traslacional. Universidad Austral-Conicet

Consejo científico

José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), José Carlos Chiaramonte (Instituto Ravignani, FFyL, UBA), Jorge Crisci (FCNYM, UNLP), Roberto Fernández Prini (FCEN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética, UBA), Eduardo Míguez (IEHS, Unicen), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP) y Fidel Schaposnik (Departamento de Física, FCE, UNLP)

Secretaría del comité editorial
Paula Blanco

Representante en Bariloche
Andrea Bellver (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche);
Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400)
San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

Representante en Córdoba
Nancy López
La Falda, Valle de Punilla, Córdoba
Teléfono: (03548)15 571-025
Correo electrónico: *nancylopez2635@gmail.com*

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $1800 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 27 + envío

Costo de envío
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 60
SUDAMÉRICA: US$ 72
RESTO DE AMÉRICA: US$ 84
EUROPA: US$ 90
RESTO DEL MUNDO: US$ 96

Distribución
En ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires
Rubbo SA
Río Limay 1600 (C1278ABH)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (011) 4303-6283/85

En el resto de la Argentina
Distribuidora Interplazas SA
Pte. Luis Sáenz Peña 1836 (C1135ABN)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ISSN 0327-1218
N° de registro DNDA 75312285

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Callao 132, EP (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (011) 4372-0117
Correo electrónico: *estudiomassolo@gmail.com*

Corrección
Mónica Urrestarazu

Impresión
4 Colores SA
Santa Elena 948 (C1278ACN)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Es una asociación civil sin fines de lucro que tiene por objetivos: **(a)** divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica de la Argentina; **(b)** promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; **(c)** estimular el interés del público en relación con la ciencia y la cultura; **(d)** editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales, y de sus aplicaciones tecnológicas; **(e)** promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico rioplatense; **(f)** colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.

COMISIÓN DIRECTIVA

Omar Coso (presidente), María Semmartin (vicepresidente), Aníbal Gattone (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), Diego Golombek (prosecretario), Hilda Sábato, Cecilia Kunert, Galo Soler Illia y Karina Mariño (vocales).

MECENAZGO

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

@revistacienciahoy

@CienciaHoyOK

Ciencia Hoy agradece el apoyo del Conicet y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Esta revista aparece merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe –ni ha recibido en toda su historia– remuneración económica.

Sumario

Diciembre 2020 – enero 2021
Volumen 29 - número 173

EDITORIAL

4 Un planeta en peligro: 50 años de destrucción

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

8 Volumen 6, número 31 - 1995

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

10 Ciencia en tu vida

NÚMERO TEMÁTICO - ESPECIAL AGRICULTURA

INTRODUCCIÓN

15 Y así como todo cambia...

Federico Bert

19 Cambios productivos y tecnológicos de la agricultura extensiva argentina en los últimos quince años

Emilio H Satorre y Fernando H Andrade

En los últimos quince años la agricultura extensiva continuó identificándose con unos pocos cultivos de granos. La intensificación del uso del suelo y de la secuencia de cultivos con mayor participación del maíz y otras especies gramíneas ha sido fuerte modulador del escenario agrícola sosteniendo el aumento de la producción en este período. Se destacan tres aspectos: (i) cambios en el manejo agronómico, la mejora genética y la introducción de nuevos eventos biotecnológicos para el control de plagas y malezas; (ii) la expansión de las tecnologías digitales, y (iii) el agravamiento de signos de deterioro en el ambiente abiótico. La producción extensiva está en transición buscando reconstruirse para el desarrollo de sistemas productivos extensivos sustentables.

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

Diego Hernán Rotili y Martín Oesterheld

La producción de investigaciones científicas sobre cultivos es escasa en la Argentina, pero de buena calidad. Con foco en cuatro cultivos de alta relevancia para la producción nacional, se describe el papel que la red nacional de investigación básica y aplicada juega en el desarrollo de tecnologías en interacción con el sector agropecuario. El artículo enfatiza el actual proceso de unir las innovaciones con las demandas y motorizar el avance tecnológico.

35 Impronta ambiental de la agricultura de granos en Argentina: revisando desafíos propios y ajenos

Esteban G Jobbágy, Sebastián Aguiar, Gervasio Piñeiro y Lucas A Garibaldi

La agricultura argentina genera impactos ambientales: pérdida de hábitats naturales –o seminaturales–, balance negativo de nutrientes, transformaciones hidrológicas y uso creciente de herbicidas. ¿Sucede lo mismo en otros sistemas agrícolas del planeta? El análisis de las principales características de estos impactos y su comparación con los de otros sistemas del mundo es importante para decidir, sobre bases más sólidas, los abordajes tecnológicos y políticos para el uso de la tierra en el país.

45 Las transformaciones de la agricultura en los últimos años

Roberto Bisang

La actividad agropecuaria catalogada históricamente como tradicional exhibió, en la última década y media, un cambio estructural inusitado que movilizó, desde distintos ángulos, la economía en su conjunto. Desde la relocalización de la agricultura hasta los biocombustibles, dio paso a un campo ampliado que asemeja a esta actividad a una 'industria biológica a cielo abierto'.

50 La cuestión social en el campo: aproximación a un balance de las últimas décadas en la Argentina

Guillermo Neiman

Los últimos censos nacionales revelan una serie de cambios en las condiciones sociales de la **población rural** con patrones identificables. Este artículo se concentra específicamente en dimensiones poblacionales, sociales y laborales.

55 Políticas agropecuarias y economía en la Argentina

Daniel Lema

Las políticas económicas aplicadas por los sucesivos gobiernos argentinos, casi sin excepción, tendieron a usar recursos provenientes del sector agropecuario para neutralizar desequilibrios fiscales y subsidiar a la industria y los consumidores. Este artículo pone el foco sobre los efectos que estas políticas han tenido sobre la economía rural.

63 Glosario

Un planeta en peligro: 50 años de destrucción

Los paleontólogos, a través del estudio del registro fósil, señalan que han ocurrido unas cinco grandes extinciones masivas de los organismos que habitaron la Tierra a lo largo de los últimos 600 millones de años. Estas extinciones fueron causadas principalmente por cambios ambientales y cada una ocurrió a lo largo de cientos de miles y hasta millones de años. El estudio del registro fósil también nos alerta que la recuperación de los ecosistemas llevó millones de años. Las extinciones actuales son muy diferentes: están provocadas por la actividad humana y suceden a una velocidad extremadamente alta.

En las últimas cinco décadas la población humana se duplicó, la economía mundial se multiplicó casi por cuatro, mientras que el comercio global lo hizo por diez. La suma de estos factores impone en la actualidad una demanda creciente de energía y materiales. Al mismo tiempo, la naturaleza provee contribuciones fundamentales que apoyan la existencia y el bienestar del ser humano a través de sus ecosistemas en funcionamiento. Las contribuciones de la naturaleza al ser humano, que incluyen la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, se distribuyen de manera desigual en el espacio, en el tiempo y entre los diferentes segmentos de la sociedad, y esta desigualdad se incrementa a medida que se deterioran los ecosistemas naturales.

Desde 1970, la producción agrícola, la explotación pesquera, la producción de bioenergía y la extracción de recursos han aumentado. Recientes evaluaciones realizadas por la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES por su sigla en inglés) señalan una disminución en la capacidad de la naturaleza para contribuir a la calidad de vida de los seres humanos. Catorce de las dieciocho categorías en que fueron organizadas las complejas relaciones del ser humano con la naturaleza se encuentran en disminución, en su mayoría categorías reguladoras e inmateriales. La naturaleza se ha visto alterada considerablemente por múltiples factores humanos a lo largo de todo el planeta; la mayor parte de los indicadores de los ecosistemas y la diversidad biológica muestran un excesivo y rápido deterioro. Entre muchos ejemplos, el 75% de la superficie terrestre ha sufrido alteraciones significativas debido al accionar del hombre, el 66% de la superficie oceánica está experimentando crecientes impactos acumulativos y se ha perdido más del 85% de la cobertura de los humedales desde el 1700. En gran parte de la región intertropical, donde los valores de diversidad biológica son muy altos, solo entre 2010 y 2015 se perdieron 32 millones de hectáreas de bosques primarios o en recuperación. Aunque la restauración de bosques naturales y la plantación de monocultivos ayudan a mejorar algunos aspectos de la contribución de la naturaleza, tienen consecuencias severas sobre la diversidad biológica y sus contribuciones al ser humano. En la mayoría de los principales biomas terrestres la abundancia de especies autóctonas se ha reducido, como mínimo, 20%, principalmente desde 1900 y, posiblemente, se esté acelerando. Además, la diversidad biológica autóctona está afectada gravemente por las especies exóticas invasoras, el tamaño de las poblaciones de vertebrados silvestres en los ambientes terrestres, de agua dulce y marinos disminuyó en los últimos cincuenta años y las tendencias documentadas para poblaciones de invertebrados, como los insectos, marcan disminuciones alarmantes en algunos sitios y se ha perdido aproximadamente la mitad de la cobertura de los arrecifes de coral desde fines del siglo XIX.

Las acciones humanas han provocado que un gran número de especies estén en peligro de extinción a nivel mundial y que numerosas variedades locales de plantas y animales domesticados estén desapareciendo. Esta pérdida de diversidad, que incluye la diversidad genética, es un grave riesgo para la seguridad alimentaria mundial porque debilita la resiliencia de muchos sistemas agrícolas ante amenazas como plagas y patógenos, así como su capacidad de respuesta ante cambios como el climático. Las actividades del hombre provocan, además, que las comunidades biológicas sean cada vez más similares entre sí, llevando a la pérdida de la diversidad biológica local, incluidas las especies endémicas, y por ende las funciones de los ecosistemas y las contribuciones de estas al ser humano.

El ritmo del cambio global en la naturaleza durante los últimos cincuenta años no tiene precedentes en la historia de la humanidad. Cinco eventos determinantes tienen repercusión mundial sobre la naturaleza: el cambio de uso de la tierra y el mar, la explotación directa de los organismos, el cambio climático, la contaminación y la acción de especies invasoras. Entre ellos, el cambio climático promueve y exacerba progresivamente los efectos de otros

procesos determinantes del deterioro de la naturaleza y el bienestar humano (ver Vera C, 2016, 'Tendencias del clima en la Argentina', Ciencia Hoy, 25, 149: 31-35).

Los seres humanos somos conscientes de la contaminación que conllevan nuestras actividades, así como de sus consecuencias negativas sobre la naturaleza. Sin embargo, muchos tipos de contaminación van en aumento o no son controlados. Por ejemplo, la contaminación por plásticos en el mar se ha multiplicado por 20 desde 1980 y afecta a un gran número de especies, entre ellas al 86% de las tortugas marinas, al 44% de las aves marinas y al 43% de los mamíferos marinos. Las emisiones de gases de efecto invernadero, los desechos urbanos y rurales sin tratar, los contaminantes procedentes de actividades industriales, mineras y agrícolas, los derrames de petróleo y los vertidos de tóxicos han tenido efectos negativos considerables sobre el suelo, la calidad del agua dulce y marina y la atmósfera global. Por otra parte, el ritmo de introducción de especies exóticas es cada vez mayor y no tiene visos de disminuir. Los registros de especies exóticas invasoras han aumentado 40% desde 1980, de la mano del incremento en el comercio y de las dinámicas en las poblaciones humanas (ver Correa N y Almada P, 2013, 'Agua de lastre y especies exóticas', Ciencia Hoy, 22, 131: 59-64).

Los pueblos originarios, que ocupan una cuarta parte de las tierras del planeta, están sometidos a una presión cada vez mayor. A pesar de que en las tierras administradas por ellos el deterioro de la naturaleza es, por lo general, más lento, su número no deja de declinar junto con sus valiosísimos e irrecuperables conocimientos ancestrales. Más allá de la expulsión y matanza directa de pueblos enteros, el 72% de los indicadores refleja tendencias negativas en lo referido a la naturaleza que sustenta los medios de subsistencia y bienestar locales. Las zonas gestionadas por los pueblos originarios se enfrentan a deforestación, extracción de recursos, generación de productos básicos, inseguridad hídrica, pérdida de humedales, explotación minera, infraestructuras de transporte y energéticas cada vez mayores, así como a la expansión de prácticas agrícolas, silvícolas y pesqueras insostenibles, con diversas consecuencias para la subsistencia y salud locales. Incluso, algunos programas de mitigación del cambio climático han tenido repercusiones negativas en la forma de subsistencia y medios de vida tradicionales. Esos efectos también ponen en jaque la gestión tradicional, la transmisión de conocimientos de los pueblos originarios y locales, además de la posibilidad de compartir los beneficios derivados del uso de la diversidad biológica silvestre y domesticada.

Las proyecciones muestran que la crisis de la diversidad biológica se incrementa y las funciones que brindan los ecosistemas continuarán empeorando en respuesta al rápido crecimiento de la población humana, la producción y el consumo no sostenibles y el desarrollo tecnológico asociado. Está previsto que los efectos adversos del cambio climático aumenten junto con el calentamiento del planeta. Limitar el calentamiento global a un aumento inferior a 2°C a fines del siglo XXI redundaría en múltiples beneficios secundarios para la naturaleza y sus contribuciones al ser humano y a la calidad de vida. Las iniciativas de conservación han conseguido prevenir la extinción de algunas especies, pero son claramente insuficientes. Entre estas cabe destacar las zonas protegidas, los esfuerzos para hacer frente a la captura y el comercio ilícitos de especies, la gestión de sus usos no sostenibles, y el control de especies invasoras.

La ampliación y gestión eficaz de los sistemas de zonas protegidas, sean terrestres o acuáticas, son importantes para preservar la diversidad biológica en el contexto del cambio climático; también lo son la producción sostenible (tanto de alimentos y materiales como de energía) y la gestión eficaz de los bosques y la planificación de infraestructuras. Por ejemplo, la producción sostenible de alimentos de origen marino y la necesidad de proteger la diversidad biológica de los océanos imponen medidas normativas enfocadas a la ordenación pesquera y programas de planificación espacial (en particular, el establecimiento y ampliación de zonas marinas protegidas).

En este contexto, nuestras carencias en conocimiento son sustanciales. Entre las más relevantes mencionaremos las siguientes:

- Investigaciones sobre los procesos de los ecosistemas (incluidos ritmos de variación) que sustentan las contribuciones de la naturaleza a la salud de los ecosistemas y las personas.
- Vigilancia de las condiciones de salud de los ecosistemas (generalmente menos representadas que la extensión de los ecosistemas).
- Efectos del aumento de CO_2 en el total de la producción primaria neta de los sistemas marinos, y consecuencias para el funcionamiento de los ecosistemas y de las contribuciones de la naturaleza a los grupos humanos.
- Datos sobre el riesgo de extinción y las tendencias de las poblaciones, especialmente en el caso de los insectos, parásitos, hongos y especies microbianas.
- Datos básicos sobre muchos taxones (el 86% de las especies terrestres y el 91% de las marinas aún no fueron descriptas por la ciencia).
- Indicadores del alcance mundial y las consecuencias de la homogeneización biótica, incluida la homogeneización genética. Datos sobre la diversidad genética y el estado de conservación de especies de plantas y animales domésticos.
- Vigilancia de muchas de las especies incluidas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
- Vigilancia de los efectos a largo plazo de los desechos vertidos, especialmente materiales radiactivos y plásticos.

- Datos sobre los efectos de la guerra y los conflictos en la naturaleza y sus consecuencias para el ser humano.
- Inventarios sobre ecosistemas insuficientemente estudiados: agua dulce, el mar y los océanos, los conocimientos en humedales y los fondos marinos profundos.

Hasta aquí un rápido y seleccionado diagnóstico de situación. Entonces, quisiéramos ponernos a pensar qué hacer para mitigar la tendencia a la destrucción de la naturaleza de la que aparentemente somos meros testigos de nuestro propio accionar dañino, y lograr un papel protagónico en la conservación de la naturaleza. Y lo primero es tomar conciencia del problema esbozado anteriormente.

Una de las primeras reflexiones que surgen es que casi todos los ejemplos que se incluyen en los trabajos a nivel mundial provienen de otras regiones del planeta y no de la nuestra. Existe cuantiosa información sobre el ritmo de desaparición de insectos polinizadores, o aves, o el porcentaje de especies de anfibios nativos, o de mariposas en peligro de extinción, o del grado de contaminación del océano, o del deterioro de bosques en Europa y otras regiones. Pero ¿qué ocurre con esos parámetros en la Argentina? ¿Cómo fue que la destrucción de las zonas boscosas y el corrimiento de la frontera agrícola hasta límites sin precedentes, acompañado con el uso de agroquímicos e irrespetando las legislaciones (o la ausencia de estas), impactaron en la pérdida y a veces extinción de grupos enteros de organismos, como los insectos polinizadores específicos de numerosas plantas autóctonas, generando un desequilibrio en el funcionamiento del ecosistema? ¿Cómo el éxito desmedido e impredecible de las especies exóticas invasoras modificó ecosistemas completos, como lo es el caso del mejillón dorado (ver Darrigran G y Darrigran J, 2001, 'El mejillón dorado: una obstinada especie invasora', Ciencia Hoy, 11, 61: 20-23, en río Paraná y sus tributarios)? ¿Cómo la explotación pesquera sigue un errático devenir según la abundancia de las especies y el precio internacional, entre otras circunstancias? ¿Cómo se ha llegado a que la concentración de capital vaya de la mano de la pobreza de muchos y que ello sea una generalidad aceptada como realidad estática y naturalizada?

¿Qué argumentos contraponer a aquellos que estiman que la biodiversidad no les concierne? Varios. El argumento ético: en cuarenta años matamos a la mitad de los elefantes y las jirafas. El argumento financiero: polinizando las flores, las abejas brindan un servicio que se estima en más de 220 mil millones de dólares anuales. El argumento del alimento: comemos de la biodiversidad; si esta se pierde, ¿qué podríamos comer? El argumento médico: ante la pérdida de la diversidad, la humanidad pierde sustancias activas para contrarrestar enfermedades.

Aplaudimos cuando los políticos anuncian medidas de protección. Pero cuando no tienen continuidad y se constata todo tipo de argucias para incumplirlas, ¿tenemos voluntad real de actuar pensando en las generaciones futuras? ¿Enseñamos a los jóvenes a pensar, hacer, preparar algo distinto?

¿Qué problemas son los que requieren un ataque más rápido? ¿Debería pensarse en el uso de pesticidas y la contaminación del mar? ¿Debería ser prohibida la fabricación, venta y comercialización, tanto al gran público como a los agricultores, de productos con moléculas químicas no degradables, y ser retirados progresivamente del mercado en un tiempo breve? Para luchar contra la contaminación del mar ¿se debería exigir que todas las estaciones de depuración funcionen correctamente y que se prohíba la fabricación, importación y uso de todos los plásticos que no sean biodegradables?

La valorización desinteresada de la naturaleza tiende a desaparecer en provecho de una visión meramente económica inmediatista y se ha instalado un negacionismo de la problemática en función de los grandes intereses de las corporaciones. El aspecto económico, entonces, emerge no solo como un argumento en el debate acerca de la importancia de preservar la biodiversidad, sino ya como un factor clave sobre el que se asienta la problemática, impidiendo su pronta y correcta resolución.

La historia de la vida del planeta nos demuestra que, una vez ocurrida una catástrofe en la naturaleza, su reparación es lenta y no vuelve a su estado inicial. Nosotros, que con nuestro accionar irreflexivo somos los protagonistas impulsores de este cambio drástico en los ecosistemas, somos los únicos que podemos detenerlo y todavía estamos a tiempo de actuar para evitarlo. CH

El presente editorial es una adaptación muy resumida del documento *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES),* BRONDIZIO ES, SETTELE J, DÍAZ S & NGO HP (eds.), 2019, IPBES Secretariat, UN Campus Platz der Vereinten Nationen 1, D-53113, Bonn, accessible en *www.ipbes.net*

Además, se han tomado o adaptado datos y conceptos de:

La Recherche, número especial 32, diciembre de 2019-febrero de 2020: 'L´ultime alerte des scientifiques: la biodiversité en péril'.

DÍAZ S *et al.*, 2019, 'Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change', *Science*, 1327, DOI *10.1126/science.aax3100*

HARAWAY DJ, 2019, *Seguir con el problema: generar parentesco en el Chthuluceno*, Consonni, Bilbao.

Hacé tu suscripción digital a CIENCIA HOY

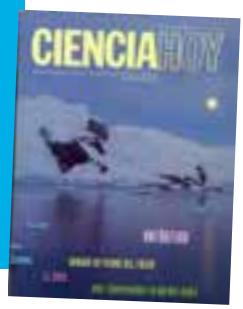
Con tu suscripción digital por un año (6 ejemplares) o por 2 años (12 ejemplares) tendrás acceso a todo el material anterior editado por CIENCIA HOY.

Suscribite y accedé desde tu computadora, tablet o celular en tu casa o allí donde te encuentres.

¡Ingresá en **cienciahoy.org.ar/suscripcion/** y suscribite al conocimiento!

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy @revistacienciahoy @CienciaHoyOK www.cienciahoy.org.ar

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY



EL CAOS Y LOS LÍMITES DE LO PREDECIBLE

HERNÁN GUSTAVO SOLARI

¿Puede un sistema regido por una ley exacta evolucionar con un arquetipo del azar, como el arrojar monedas a cara y ceca? Tal aparente paradoja se origina en la tensión entre dos idealizaciones: la de un punto en el espacio y la del tiempo infinito.

UN ARGENTINO EN ALASKA

MICHELINE NUSSENZSVEIG Y CÁSSIO LEITE VIEIRA

Las dos torpes dictaduras militares argentinas dispersaron por el mundo a más de un científico de valor. La entrevista con Juan Roederer permite conocer qué le aconteció a uno de ellos.

CÓMO SE CONSTRUYE UN ORGANISMO ANIMAL

MARCELO O CABADA Y SILVIA E ARRANZ

Un tema central de la biología es la comprensión de los procesos que determinan que sucesivas divisiones de una única célula –el óvulo fecundado– den lugar a otras cuya forma y función son muy variadas. Se ha avanzado en muchos aspectos del conocimiento del problema, pero subsisten aún cuestiones fundamentales que no han sido resueltas.

En los últimos 25 años se demostró el rol de la expresión génica en la regulación del desarrollo embrionario y se conceptualizó cómo los genes y sus reguladores interactúan en forma de redes de regulación impulsando el desarrollo. El conocimiento de los componentes de las redes de regulación génica y su evolución para generar diferentes fenotipos se incrementó con el aumento de los casos estudiados. Sin embargo, nuestra comprensión de los mecanismos precisos que subyacen a la evolución morfológica todavía es fragmentaria. Gracias a los nuevos descubrimientos y nuevas técnicas surgidas en los últimos 10 años, es posible estudiar y manipular las redes de regulación génica en organismos modelo y no modelo y, de esta forma, avanzar en la comprensión de la evolución morfológica. Además, como las redes de regulación génica están activas en todas las células de un organismo vivo, desde la primera división hasta su muerte, entender sus mecanismos de acción aportará conocimientos para el tratamiento y la comprensión de muchas enfermedades humanas.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

BIODIVERSIDAD EN LA ANTÁRTIDA

RJ QUINTANA, JL AGRAZ Y LC BORGO

A pesar de que el clima de la Antártida tiene características adversas al florecimiento de la vida, en ciertas áreas costeras de ese continente hay una asombrosa riqueza y abundancia de especies tanto vegetales como animales.

ENTREVISTA A ROGER CHARTIER

NOEMÍ GOLDMAN Y OSCAR TERÁN

Director de estudios en la École des Hautes Études en Sciences Sociales de París, Chartier aborda aquí diversas cuestiones sobre la historia del libro, su especialidad y la historia misma como disciplina.

¿BUENOS AIRES EN BUENOS AIRES?

PEDRO F ARAMENDÍA, ROBERTO FERNÁNDEZ PRINI Y GABRIEL GORDILLO

La falta de información sistemática sobre la calidad del aire de Buenos Aires impide saber, a ciencia cierta, cuán grave es la contaminación que lo afecta, pero mediciones realizadas a título experimental demuestran que es necesario ocuparse seriamente del asunto.

CHARLES DARWIN, EL PRIMER GEÓLOGO Y GLACIÓLOGO DE TIERRA DEL FUEGO

JORGE RABASSA

Las observaciones geológicas de Darwin constituyen el aporte menos conocido del padre de la teoría de la evolución y autor de *El origen de las especies*. En su visita a Sudamérica, a bordo del *Beagle*, analizó la geología y glaciología de la Patagonia y Tierra del Fuego.

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Descubren el diccionario más antiguo de la lengua castellana

Una investigadora del CONICET halló fragmentos del incunable en una biblioteca de la Universidad de Princeton. También se pudo determinar que su autor fue Alfonso de Palencia, uno de los más grandes humanistas del siglo XV.

Por **Miguel Faigón**

Se denomina incunables a aquellos libros que fueron impresos entre mediados y fines del siglo XV; más precisamente, entre el momento en que Johannes Gutemberg inventó la prensa de imprenta con tipos móviles y el año 1501. La posibilidad de hallar un incunable totalmente desconocido es tan poco habitual que se estima que -con suerte- ocurre una vez cada quince años para cada lengua, pero siempre que sucede significa un hecho de gran trascendencia para el campo de la historia del libro.

En este sentido, recientemente, Cinthia María Hamlin, investigadora del CONICET en el Instituto de Investigaciones Bibliográficas y Crítica Textual (CONICET, IIBICRIT), fue protagonista de un hallazgo de gran importancia, al encontrar, en la *Firestone Library* de la Universidad de Princeton (New Jersey, Estados Unidos), dos folios -es decir, dos hojas- de lo que pudo determinar que es el más antiguo vocabulario (diccionario, en términos actuales) castellano del que se tenga conocimiento.

Hasta ahora, el diccionario español-latino más antiguo que se conocía es el que elaboró Antonio de Nebrija, impreso entre 1494 y 1495. Pero Hamlin, con la colaboración de Juan Héctor Fuentes, latinista y también investigador del CONICET en el IIBICRIT, pudo determinar que las hojas halladas en la biblioteca de Princeton fueron impresas unos años antes, entre 1492 y 1493.

Aunque solo fueron encontradas dos hojas del incunable, que incluyen el prólogo completo y setenta y siete entradas de la letra 'A', Hamlin y Fuentes establecieron su correspondencia con un vocabulario manuscrito completo (aunque sin prólogo) del siglo XV, del cual hasta el momento no se había podido determinar el autor ni la fecha precisa de su realización, motivo por el cual había pasado casi desapercibido para la crítica. Ahora que se sabe que su confección fue anterior a la impresión del *Vocabulario español-latín* de Nebrija, adquiere otra relevancia.

"Hay que aclarar que existe un vocabulario previo que contiene palabras en castellano, pero no en un rol protagónico. El primer diccionario que presenta palabras en español entre sus definiciones es el *Universal Vocabulario en latín y en romance* (*UV*) de Alfonso de Palencia de 1490: en una columna es un diccionario latín-latín (palabras latinas, definidas en esa misma lengua), definiciones que son en la columna de al lado traducidas al castellano. Pero lo que encontramos nosotros es el primer diccionario castellano-latino, en el que los lemas -las palabras que se definen- están en castellano, utilizado también en las definiciones para explicar y/o acompañar la equivalencia latina. O sea, que es un diccionario sobre el castellano, mientras *UV* no dejaba de ser sobre el latín", señala Hamlin, quien al avanzar con la investigación pudo también determinar que el autor del vocabulario copiado en el manuscrito y, por lo tanto, del incunable, es nada menos que el propio Alfonso de Palencia, considerado uno de los humanistas más importantes del siglo XV. Los resultados de esta parte de la investigación serán próximamente publicados en la revista *Boletín de la Real Academia*.

Ayudar a la suerte

El descubrimiento realizado por Hamlin y Fuentes, al igual que sucede con muchos otros en distintas áreas del campo científico, tuvo un aspecto fortuito. La investigadora estaba trabajando en febrero de 2018 en la *Firestone Library* de la Universidad de Princeton en la revisión del ejemplar de un libro de 1515, cuando el curador de la *Rare Books and Special Collections* de la biblioteca, Eric White, se le acercó con un tomo del *UV* de Palencia y le comentó que, insertos al comienzo y al final del libro, se encontraban dos folios de un vocabulario castellano que no pertenecían a dicho ejemplar, y que nadie había logrado identificar hasta ese momento. La posibilidad de poder identificar los folios entusiasmó a la investigadora, quien se puso a trabajar en ello al regresar a Buenos Aires.

"El primer avance, gracias a la colaboración de Eric White y un investigador alemán de la Gesamtkataloge der Wiegendrucke (gran catálogo de incunables y tipos móviles), fue identificar la tipografía de los folios como propia de una imprenta sevillana en el período 1491-1493. Hay que tener en cuenta que los tipos móviles –las letras de molde- se rehacían cada dos o tres años, porque se gastaban rápidamente, y eran artesanales, por lo que cada fundición era distinta", señala la investigadora.

Una vez establecido esto, la lectura del prólogo, en el que el que el autor dedica su 'vocabulista' (así lo llama) a Isabel la Católica, permitió acotar más aun la fecha posible de impresión, ya que entre los diferentes títulos que le adjudica a la célebre monarca de Castilla, se agrega el de Reina de Granada, cuya conquista recién se produjo en enero de 1492.

"Luego, fue Juan Fuentes quien llegó al dato que permitió identificar el texto conservado en los folios con el de un vocabulario castellano-latino del siglo XV que permanecía anónimo y sin título en un manuscrito del Escorial. Al cotejarlo con las setenta y siete entradas del segundo folio del incunable -el primero contenía el prólogo-, nos sorprendimos al comprobar que la coincidencia era absoluta. Esto comprobaba que el texto del manuscrito había llegado, aunque sea de modo parcial, a la imprenta y que su confección era anterior a la impresión del vocabulario de Nebrija", explica Hamlin.

De acuerdo con la investigadora, la dedicatoria a Isabel La Católica es una huella de la política real a la que respondió la elaboración de ese vocabulario castellano-latino, pero también, por ejemplo, la del *UV* de Palencia y la del *Vocabulario español-latín* de Nebrija.

"Hacia finales del siglo XV, Isabel La Católica comienza a impulsar políticas de reforma educativa que intentan mejorar el conocimiento del latín y, a la vez, equiparar en prestigio al castella-

no con la lengua de Roma, para lo cual se necesitaba fomentar la producción de diccionarios y gramáticas. De hecho, la primera gramática castellana es también de estos años y su autor es Nebrija. La Corona de Castilla buscó acompañar a nivel lingüístico –es decir, cultural- la expansión que anhelaba a nivel territorial, cuyo gran hito fue el casamiento de Isabel con Fernando el Católico, que sería rey de Aragón y de Sicilia. La política expansionista y unificadora de los Reyes Católicos tendría en la paulatina promoción de una sola lengua –la castellana––uno de sus pilares culturales: 'siempre la lengua fue compañera del Imperio', explica Nebrija en su *Gramática*. Que en Latinoamérica nuestra lengua sea hoy el castellano y no, por ejemplo, el aragonés o el catalán, es en parte resultado de las políticas lingüísticas que comenzaron a gestarse a fines del siglo XV", asegura Hamlin.

Hallan el diccionario más antiguo de la lengua castellana. Fotos: cortesía de la Princeton University Library (Special Collections) y de la Real Biblioteca del Escorial (Colecciones Reales)

La identificación del autor: una tarea detectivesca

Una segunda parte de la investigación consistió en identificar al autor del vocabulario. "El estilo del prólogo, su formato y las fórmulas de tratamiento de la reina, junto con el hecho de que los dos folios del incunable habían sido insertados en un ejemplar del *UV* -en el caso del prólogo seguramente con la intención de reemplazar a su *argumentum*, presente en otros tomos, pero no en este-, me llevó a la hipótesis de que el autor debía ser Alfonso de Palencia, algo que pude corroborar luego de una tarea casi detectivesca", señala la investigadora.

Lo que hizo Hamlin fue no solo cotejar el *UV* de Palencia con el vocabulario del manuscrito, sino también con las distintas fuentes lexicográficas con las que pudieron haber trabajado sus autores, a través de metodologías propias de la disciplina conocida como Crítica Textual.

"En primer lugar, pude comprobar que el método lexicográfico usado en ambos vocabularios es exactamente el mismo, pero difiere del utilizado por otros autores contemporáneos como Nebrija y Santaella. En este mismo sentido, detecté la particularidad de que ciertos términos latinos que suelen variar ortográficamente aparecían igual en ambos vocabularios. Por otro lado, la correspondencia entre término latino y equivalencia castellana del manuscrito y el *UV* de Palencia resultó ser de un 76 por ciento. Finalmente, me dediqué a cotejar de forma exhaustiva las citas de autoridad, que en la mayoría de los casos coincidían", relata la investigadora.

Las citas de autoridad son, justamente, citas de textos clásicos, como la *Eneida* de Virgilio, a través de las cuales se ejemplificaba el uso de los términos que se definían en los diccionarios, y están presentes en una buena parte de las entradas del *UV* de Palencia y del vocabulario del manuscrito.

"La intención de esta tarea fue, en primer lugar, intentar identificar las fuentes utilizadas y, en segundo término, analizar su tratamiento. Esto me permitió identificar errores comunes en citas iguales, que no se registran en ninguna de las fuentes lexicográficas posibles, lo que me llevó a concluir que ambos vocabularios debían tener necesariamente al mismo autor: Alfonso de Palencia", afirma Hamlin.

Alfonso de Palencia moriría en marzo de 1492, poco tiempo después de la conquista de Granada. Tal vez este hecho explique que en el manuscrito hayan quedado algunos lemas sin definir. Así como también, la importancia de su autor quizás sea la razón que permita explicar que un trabajo con detalles sin terminar haya llegado a la imprenta. Es posible también, que al advertir su estado incompleto se haya decidido dejar de imprimirlo, pero tampoco se puede descartar que haya circulado como libro y el resto de sus partes se encuentren perdidas. Pero lo que, de acuerdo con Hamlin, se puede descartar de manera concluyente es que los folios encontrados se tratasen de una mera prueba de imprenta, ya que uno aparece impreso a doble faz, lo que, por las dificultades técnicas que implicaba, solo se hacía para las versiones con las que se armaban los cuadernillos -que luego componían los libros–, o para lo que se conocía como pruebas definitivas. ■

Referencia bibliográfica

HAMLIN, C. M., & FUENTES, J. H. (2020). "Folios de un incunable desconocido y su identificación con anónimo Vocabulario en Romance y en Latín del Escorial (F. II. 10)". *Romance Philology*, 74(1), 93-122. *https://doi.org/10.1484/J.RPH.5.119970*

HAMLIN, C.M. (2021). "Alfonso de Palencia: ¿autor del primer vocabulario castellano latín que llegó a la imprenta?", *Boletín de la Real Academia Española*, T. 101, en prensa.

COOPERACIÓN FEDERAL

Convenio con el Gobierno de Entre Ríos para becas cofinanciadas

Asimismo, se destinarán cargos para ingresar a la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico en Unidades Ejecutoras de Entre Ríos.

En un acto celebrado en la Sala de Directorio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), su presidenta, Ana Franchi firmó un convenio marco para otorgar becas cofinanciadas con el Gobernador de Entre Ríos, Gustavo Bordet.

También, se cubrirán doce cargos vacantes para el Ingreso a la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico (CIC), en Unidades Ejecutoras de Entre Ríos, para el desarrollo de temas y líneas de Investigación y transferencia específicas.

Luego de celebrar el acuerdo enmarcado en "Proyectos especiales" y agradecer el apoyo a la ciencia y la tecnología del Gobierno Nacional, Franchi, expresó: "Ante la propuesta del CONICET, la provincia de Entre Ríos se interesó rápidamente y pudimos otorgar estas becas cofinanciadas -78 becas doctorales y 23 becas postdoctorales- y ya estamos concursando 12 cargos específicos para Entre Ríos con la colaboración del CCT CONICET Santa Fe y los directores y directoras de las Unidades Ejecutoras".

Y agregó: "Estamos en un país en el que necesitamos que la comunidad científica tecnológica y universitaria responda a los problemas del país. En este año tan difícil que nos tocó vivir lo demostramos".

Por su parte, Gustavo Bordet sostuvo: "Es un día muy importante para nuestra provincia porque podemos incorporar a más de 100 becarios a nuestro sistema científico. Es fundamental que nuestros investigadores se queden en Entre Ríos y nos pone como provincia en un camino de consolidación de su desarrollo científico tecnológico que es hacia donde va la sociedad del conocimiento. Es una oportunidad que valoramos muchísimo".

En tanto, Roberto Salvarezza, ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación, después de hacer hincapié en la importancia de los recursos humanos y el federalismo, expresó: "Este tipo de convenio viene a ratificar la política que hemos decidido llevar adelante. Política que ha tenido el apoyo y promoción desde un principio, del Presidente de la Nación, Alberto Fernández. Porque entendemos que resulta clave vincular el conocimiento y la innovación con la producción, y este acuerdo representa un claro ejemplo. Y con fuerte espíritu federal, cómo se ha asumido desde el comienzo de nuestra gestión".

El Ministro de la Producción Juan Jose Bahilo y el Secretario de Ciencia y Tecnología Jorge Gerard entrerrianos, hicieron hincapié en la importancia estratégica de este acuerdo que, aseguraron, en pocos años mostrará claros resultados. Vale la pena destacar que se trata de la primera visita del Gobernador y sus funcionarios a la sede del CONICET y del primer convenio de esta naturaleza que el organismo celebra con una provincia. Tanto Salvarezza como Franchi confían que será el primero de futuros acuerdos provinciales.

De izq. a der.: Bordet, Franchi y Salvarezza. Foto: Verónica Tello / CONICET Fotografía.

Formación de recursos

A través del convenio el CONICET y la Provincia de Entre Ríos, se comprometen a colaborar en el desarrollo de un Programa de Formación de Recursos Humanos Altamente Calificados, con el objeto de llevar adelante tareas de investigación científica y tecnológica en las temáticas que ambas partes consideren prioritarias para el desarrollo institucional y del sector socio-productivo provincial.

Para llevar adelante este objetivo, el CONICET y la provincia mesopotámica articularán el cofinanciamiento de becas Doctorales y Postdoctorales. La Provincia gestionará y coordinará la participación de las instituciones que adhieran al programa como contrapartes cofinanciantes, las que deberán asumir los compromisos establecidos en las reglamentaciones del CONICET para becas doctorales y posdoctorales cofinanciadas.

Participaron de la firma –de modo presencial y virtual- por parte del Directorio del CONICET: el vicepresidente de Asuntos Tecnológicos, Roberto Rivarola, el vicepresidente de Asuntos Científicos, Mario Pecheny, en representación de los organismos de ciencia y tecnología de los Gobiernos Provinciales y CABA, Luz Lardone, en representación del Consejo de Universidades, Félix Nieto, el gerente de Recursos Humanos, Alberto Arleo y la coordinadora de becas, Costanza Rivero.

También participaron de modo virtual, el rector de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Andrés Sabella, el rector de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), Luciano Filipuzzi, el rector de la Universidad Adventista del Plata (UAP), Horacio Rizzo, el rector de la Universidad de Concepción del Uruguay (UCU), Héctor Sauret, el decano de la Universidad Católica – Facultad Teresa de Ávila, Martín Acevedo Miño, el decano de la Universidad Tecnológica (UTN) Regional Paraná, Alejandro Carrere, el decano de la UTN Regional Concordia, Jorge Penco, el presidente de la Delegación Argentina de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, José Benedetto, el presidente de la Delegación Uruguaya, Carlos Albisu, el director Ejecutivo del Instituto Autárquico Becario Provincial (INAUBEPRO), Sebastián Bértoli, el secretario de Ciencia y Técnica de la UNER, Gabriel Geniletti, el director del Centro Científico Tecnológico (CCT) CONICET Santa Fe, Carlos Piña, la decana de la Facultad de Cs. De la Educación de la UNER, Gabriela Bergomás, la decana de la Facultad de Bromatología de la UNER, Bertha Baldi Corone, el decano de la Facultad de Cs. De la Administración de la UNER, Raúl Mangia, el decano de la Facultad de Ingeniería de la UNER, Diego Campana, el decano de la Facultad de Cs. Agropecuarias de la UNER, Pedro Barbagelata, el decano de la Facultad de Cs. De la Alimentación de la UNER, Oscar Gerard, el decano de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNER, Eduardo Muani, el decano de la Facultad de Cs. De la Salud de la UNER, Jorge Pepe, la decana de la Facultad de Trabajo Social de la UNER, Sandra Arito, la decana de la Facultad de Humanidades, Artes y Cs. Sociales de la UADER, María Benedetti, la decana de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UADER, Daniela Dans, el decano de la Facultad de Cs. De la Gestión de la UADER, Carlos Cuenca, el decano de la Facultad de Cs. De la Vida y la Salud de la UADER, Aníbal Sattler, la directora del Instituto de Estudios Sociales (INES, CONICET-UNER), el director del Instituto de Investigación y Desarrollo en Bioingeniería y Bioinformática (IBB, CONICET-UNER), Víctor Casco, el coordinador general del Ministerio de Producción de Entre Ríos, Ricardo Armocida y el director de Ciencia y Tecnología de la misma cartera, Leandro Rodríguez. ■

CORONAVIRUS

La ANMAT aprobó el uso del suero equino hiperinmune anti-SARS-CoV-2

Es para el tratamiento en pacientes adultos con enfermedad moderada a severa de COVID-19. Se evidenció beneficio clínico considerable, la disminución de la necesidad de internación en terapia intensiva y de asistencia respiratoria mecánica.

La Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) aprobó el uso del suero hiperinmune anti-SARS-CoV-2 (INMOO5, CoviFab®) para el tratamiento de pacientes adultos con enfermedad moderada a severa COVID-19. La aprobación de este medicamento innovador basado en anticuerpos policlonales se fundamentó en los resultados positivos del estudio clínico de Fase 2/3, los cuales mostraron que la aplicación de esta terapia, que demostró ser segura, redujo la mortalidad casi a la mitad (45%) en los pacientes con COVID-19 severa. Este proyecto fue uno de los seleccionados por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en la convocatoria "Ideas Proyecto Covid-19", en el marco de la Unidad Coronavirus, creada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el CONICET y la Agencia.

Los pacientes tratados con el suero registraron reducción de la internación en terapia intensiva de 24% y del requerimiento de asistencia respiratoria mecánica de 36%, frente al placebo. Además, mostraron un beneficio clínico considerable a lo largo de los 28 días de seguimiento del tratamiento y mejora significativa de dos puntos en la escala ordinal de evaluación clínica de ocho puntos de la OMS a los 7, 14 y 21 días. Esta escala establece parámetros como la externación con o sin limitación en las actividades, hospitalización con o sin necesidad de oxígeno y soporte de asistencia respiratoria mecánica, entre otros. Los efectos positivos mencionados se observaron en la población bajo estudio, y en particular, en los pacientes con enfermedad de curso severo.

"El estudio clínico pudo llevarse a cabo en los tiempos previstos gracias al compromiso y esfuerzo de investigadores, investigadoras y personal de la salud de los centros participantes, así como del comité independiente de médicos especialistas que realizaron los análisis interinos de seguridad. Además, desde el inicio, interactuamos con la autoridad reguladora ANMAT. A todos ellos y a los pacientes, les agradecemos por la confianza en nuestro trabajo", comentó Fernando Goldbaum, investigador superior del CONICET y director científico de Inmunova.

El estudio clínico evaluó la seguridad y eficacia del medicamento en 242 pacientes adultos (18 a 79 años) con enfermedad moderada a severa causada por la infección del SARS-CoV-2, confirmada por PCR, dentro de diez días del inicio de síntomas y que requerían hospitalización. Se realizó en 19 hospitales y clínicas de AMBA, Neuquén y Tucumán. El promedio de edad fue de 54 años, con una participación mayor de hombres (65% varones y 35% mujeres).

A partir del Registro Bajo Condiciones Especiales de ANMAT, el producto estará disponible para su aplicación en pacientes con enfermedad moderada a severa COVID-19 en condiciones de pandemia, con la firma de consentimiento informado, ampliando el estudio de su efecto clínico mediante un Plan de Monitoreo de Eficacia y Seguridad consensuado con la ANMAT. Se va a llamar Covifab y será un suero endovenoso por goteo, a aplicar en dos dosis. ■

INTRODUCCIÓN

Y así como todo cambia...

Ciencia Hoy agradece la colaboración de Federico Bert, ex docente e investigador de la Facultad de Agronomía de la UBA y actual director de investigación y desarrollo de ***CREA****, que actuó como editor invitado para la preparación de este número. En tal carácter, definió los temas a tratar, propuso autores y árbitros, revisó los manuscritos y participó en las tareas de edición.*
El lector encontrará en el glosario de la página 63 breves definiciones de los términos que se encuentran destacados en negritas en cada artículo de esta sección.

¿Te pusiste a pensar alguna vez cómo cambió el mundo desde tu infancia hasta hoy? ¿O cuántas cosas que hoy nos resultan naturales no existían hace diez o quince años? Seguramente todo lo relacionado a la tecnología sea lo primero que se te viene a la mente. Pero también cambiaron hábitos, formas de relacionamiento, normas sociales, etcétera. Bueno… transformaciones iguales o incluso mayores ocurrieron en ese mismo tiempo en la producción agropecuaria del mundo y de la Argentina. El agro de hoy es radicalmente distinto al de (solo) treinta o cuarenta años atrás. Un agricultor de cincuenta y cinco años (poco más que la edad promedio del productor argentino) vive hoy un agro que, por sus modos de producción, de comercialización, y hasta de vinculación con la sociedad, no tiene nada que ver con lo que era cuando él inició su vida de productor o, incluso, cuando tuvo sus hijos.

La evolución del agro argentino fue vertiginosa. La insignia de esa evolución ha sido la agricultura extensiva, que desde 1980 –cuando seguramente nuestro agricultor ya comenzaba a involucrarse en tareas rurales de la familia– a hoy multiplicó por 4 su producción, duplicando el área cultivada y aumentando ininterrumpidamente el rendimiento de los cultivos. La evolución reciente puso muy de manifiesto el rol central del agro para la economía del país, volviendo a recordarnos su tradicional importancia como generadora de riqueza, divisas y empleo: aporta 7% a 10% del producto bruto, 65% de exportaciones y da trabajo a 2,2 millones de personas. Por si fuera poco, dado que la población mundial ha crecido en zonas alejadas de los grandes centros de producción de alimentos y a que la Argentina produce mucho más de lo que consume, adquirimos un papel central en la seguridad alimentaria global. Justamente ese crecimiento de la población global y sus necesidades alimentarias (hoy habitamos la Tierra 3,3 mil millones de personas más que en 1980), junto con la creciente producción de biocombustibles (hoy, por cada diez litros de combustible que cargás en tu auto, uno viene del campo), fueron tractores principales de esta evolución.

En 2005 la transformación del agro argentino ya estaba muy avanzada. Una edición especial de Ciencia Hoy de ese año la analizaba en profundidad. Se describía allí la fuerte expansión de los cultivos anuales hacia áreas típicamente no agrícolas –reemplazando cultivos perennes y vegetación natural y desplazando a la ganadería– y el protagonismo creciente de la soja, que alcanzaba el 38% del área cultivada. Se destacaba la incorporación de conocimiento y tecnologías (por ejemplo, **siembra directa**, cultivos transgénicos) como habilitantes indispensables de la transformación. Se daba cuenta, además, de la emergencia de nuevos actores y esquemas organizacionales en la escena productiva. Y se comenzaba a alertar sobre algunas sombras, propias de toda transformación, en este caso ligadas a cuestiones ambientales.

Tan profunda parecía la transformación del agro argentino en 2005, que podía parecer que ya no habría espacio para muchos más cambios. Sin embargo, lejos de frenarse, en estos últimos quince años la transformación parece

haberse intensificado, tanto en aspectos productivos como tecnológicos, sociales, económicos y ambientales. No solo el agricultor de cincuenta y cinco años está frente a otra agricultura; mi generación (agrónomos recibidos a inicios de los 2000) vemos una producción agropecuaria muy distinta de la que estudiamos, que incluso desafía nuestro bagaje profesional. ¿Acaso no pasa lo mismo en nuestras vidas, lo que nos obliga a actualizar nuestros conocimientos y puntos de vista? Es por esto que esta nueva edición especial de Ciencia Hoy pretende analizar los cambios más recientes y algunas de sus causas y consecuencias, con énfasis en la agricultura. Reconocidos expertos ofrecen sus análisis para ayudarte a entender y generar tu propia mirada sobre una actividad que, aunque a veces pase desapercibida, se hace presente a diario en nuestras mesas, nuestra ropa, nuestro transporte y, fundamentalmente, en nuestra cultura.

Desde aquella edición especial de 2005, la producción de granos casi se duplicó (de 68 a más de 130 millones de toneladas), aunque solo hubo un ligero aumento del área agrícola. ¿Cómo fue posible? Por un lado, ganaron terreno esquemas más intensificados, con dos cultivos por año en la misma parcela. Por otro lado, la ágil incorporación de un puñado de técnicas y tecnologías hizo posible un fenomenal avance del maíz, cultivo de mayor producción. En simultáneo, avanzó lento pero firme el concepto de agricultura precisa, o sea el manejo agronómico ajustado a particularidades del terreno, lo que ayudó a mejorar la productividad. Pero, como siempre, donde hay luz se proyecta una sombra. Cuando los históricos problemas de plagas y malezas parecían resueltos por la biotecnología y los **fitosanitarios**, aparecieron tolerancias y resistencias que le devolvieron a la protección de cultivos la complejidad que siempre tuvo. Mientras tanto, la foto de la producción de carne vacuna, golpeada por sequías e intervención de mercados, cambió poco en estos quince años. La principal novedad fueron los esquemas de producción más intensivos, con el avance de los corrales (*feed lots*) y las dietas apoyadas en granos. Distinto fue el caso de cerdos y aves, en donde la producción se duplicó (aproximadamente) en un contexto de fuertes cambios de nuestros hábitos de consumo, y promete seguir cambiando.

La evolución reciente del agro abarcó una extraordinaria transformación de su dimensión socioeconómica. Fuimos testigos en el último tiempo de un cambio –no sin traumatismos– en el perfil de los productores y de sus modos de vincularse y organizarse. La extendida tendencia al alejamiento de áreas y tareas rurales, junto a la creciente sofisticación de la actividad, despertaron un recambio de actores que, a su vez, consagraron nuevas formas organizativas. En los últimos quince años se consolidó un modelo en que el agricultor ya no es propietario de los factores para la producción, sino de los conocimientos y las vinculaciones para gestionar los procesos productivos. El hecho de que más de la mitad

de la agricultura extensiva se realice en tierras arrendadas o la proliferación de prestadores de servicios muy competitivos (por ejemplo, hay más de 30.000 contratistas de labores) son reflejo de este nuevo modelo. Más que nunca, el agro sigue siendo una actividad de cientos de miles de agentes heterogéneos, distribuidos en el territorio y que integran una gran red dinámica (250.000 productores más todo el ecosistema de suministro de servicios e insumos que los rodean, según el último censo).

En sintonía con lo anterior, en los últimos años el agro y principalmente la agricultura extensiva mostraron un dinamismo económico sobresaliente, mucho mayor que el de otros sectores. El aumento de producción (con fuerte destino a exportación) y la trama compleja de transacciones que la originan amplificaron su histórico efecto multiplicador en la generación de riqueza y empleo. Solo como ejemplo, desde 2001 el valor agregado por el agro argentino aumentó 36%. Como derivada de su relevancia y en combinación con contextos macroeconómicos difíciles, la *red agropecuaria* se vio envuelta en pujas y definiciones políticas que, con una aparente impronta extractiva, ecualizaron la evolución de los últimos años en todas sus dimensiones. El conflicto de 2008 por la resolución 125 fue la máxima –pero no la única– expresión de estos conflictos. Pero el cambio continúa. Recientemente, bajo el concepto de bioeconomía, las alternativas productivas del agricultor se amplían (por ejemplo, bioenergía, bioinsumos, biomateriales) y comienza a parecer cercana la idea de convertir los campos en verdaderas fábricas biológicas a cielo abierto, con la promesa de sostener el dinamismo económico del sector.

En simultáneo a los cambios productivos y socioeconómicos, los temas ambientales ganaron una centralidad inédita en la agenda agropecuaria. Esta centralidad emerge tanto de las crecientes expresiones de la sociedad reclamando modos de producción respetuosos del ambiente y la salud como de la genuina preocupación de muchos actores productivos que van tomando conciencia de la necesidad de preservar los sistemas naturales que sustentan su producción y su vida. Ambos fenómenos responden a alarmas que se ven activadas por el despliegue reciente de nuestro agro. Por ejemplo, la reducción de biodiversidad, el uso intensivo de fitosanitarios o los bajos niveles de fertilizantes que evitan contaminación, pero afectan la fertilidad de los suelos. Muchos esfuerzos, provenientes de la ciencia y la producción, están orientados al rediseño de prácticas para minimizar impactos al ambiente; la tecnología promete ser una de las llaves maestras que permitirá conciliar las necesidades de consumo de la humanidad con las de preservación.

El camino de transformaciones recorrido no hubiese sido posible sin la tracción del sector privado, la señalización de las políticas públicas (por acción u omisión) y, fundamentalmente, la iluminación del conocimiento. En estos quince años el sistema científico-tecnológico argentino hizo aportes indispensables para el desarrollo de la agricultura, haciendo altamente rentable la inversión pública en I+D agropecuario. La Argentina produjo relativamente pocas publicaciones científicas en comparación con otros países agrícolas, pero de alta calidad. Resulta paradójico que, para soja, la cantidad de publicaciones haya sido especialmente baja. Sin embargo, que la soja haya sido el cultivo de mayor crecimiento en el país sugiere la capacidad del sistema en su conjunto de asimilar conocimiento global y de articular mecanismos de aprendizaje empíricos que no necesariamente surgieron o terminaron en *papers*. De cara al futuro, el conocimiento será el insumo más importante para alcanzar el desarrollo sostenible, lo que llama a una inversión y articulación especial de todos los actores responsables de generar ciencia y tecnología.

Invito al lector a recorrer los artículos que desarrollan los cambios del agro argentino en los últimos quince años, sus forzantes y sus implicancias. Más allá de este simple resumen, marcado por la impronta de quien lo escribe, los artículos evidencian la complejidad del proceso de cambio, la interrelación entre distintas dimensiones y la necesidad de una mirada equilibrada y en perspectiva (histórica y territorial) de lo observado. Pretendemos que este material aporte elementos para comprender lo que pasó, pero también para debatir cuál es el mejor camino para los próximos años, cuando el agro, por nuestra propia evolución como humanidad, enfrentará desafíos aún más críticos que los del pasado. Y así como todo cambia, que el agro cambie no es extraño… CH

Federico Bert

Doctor en ciencias agropecuarias, Facultad de Agronomía, UBA.

Director de Investigación y Desarrollo de CREA.

fbert@agro.uba.ar

Cultivo de soja de primera en el sur de Santa Fe, Argentina.

Emilio H Satorre
Facultad de Agronomía UBA, IFEVA (UBA-Conicet) y AACREA
Fernando H Andrade
INTA-Balcarce y UNMdP

Cambios productivos y tecnológicos de la agricultura extensiva argentina en los últimos quince años

Introducción

La agricultura extensiva argentina sufrió importantes cambios en los últimos cuarenta años. A comienzos de los años 80 comenzó un proceso de intensificación tecnológica y expansión del cultivo de soja que se consolidó en una verdadera revolución del agro en los albores del nuevo milenio. La soja había sido introducida a comienzos de los años 70 y por su expansión se convirtió en el cultivo de verano más importante desde la década de 1990. Desde aquel momento, la expansión de superficie y producción fue caracterizada por el predominio de variedades transgénicas resistentes a glifosato y por un conjunto de tecnologías de impacto en lo productivo y operativo, que favorecieron una transformación empresarial y del negocio agropecuario de granos. En la primera década del milenio la agricultura extensiva se identificaba con un reducido número de especies; de hecho los cultivos de soja, maíz, trigo y girasol ocuparon más del 95% del área sembrada, con el cultivo de soja alcanzando el 65% del área cultivada hacia 2009. Este escenario no se ha modificado significativamente. En los últimos quince años, la agricultura extensiva continuó identificada con estos pocos cultivos de granos. De hecho, los cultivos de soja, maíz y trigo ocuparon en el último trienio el 93% de las casi 35 millones de hectáreas sembradas, incluyendo el doble cultivo trigo/soja de segunda.

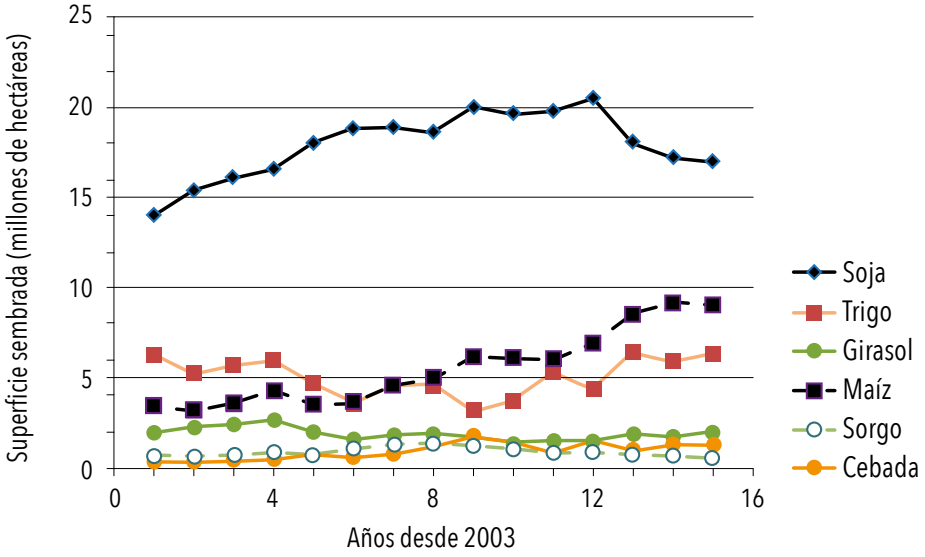
¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Qué pasó desde 2004 con la agricultura en Argentina? ¿Cuál es su futuro probable?

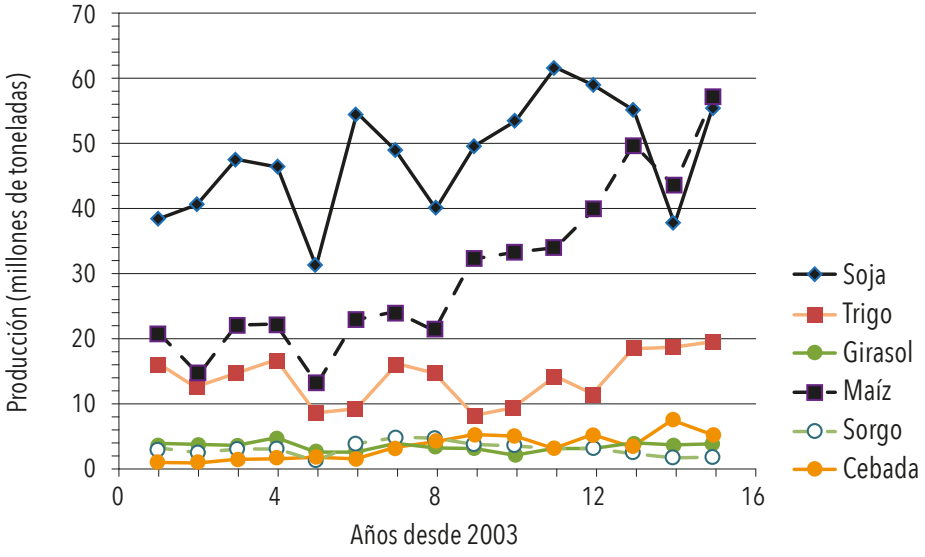
Cambios en la superficie cultivada

El ritmo de expansión agrícola sobre tierras arables tendió a reducirse en los últimos años, comparado con períodos anteriores. Sin embargo, la superficie sembrada continuó creciendo con una tasa constante cercana a 641.000 hectáreas por año debido al aumento de la superficie sembrada con maíz y a la intensificación del uso del suelo de la mano de la cebada y el trigo en doble cultivo con especies 'de segunda' –soja, y en menor medida maíz– sobre los rastrojos de estos cereales de invierno. Asimismo, la superficie sembrada con el cultivo de soja tendió a incrementarse en el período, aunque disminuyó en los últimos años. Cerca del 25-35% de la superficie de soja fue sembrada sobre cultivos de invierno en los últimos quince años. Este resultado contrasta marcadamente con lo ocurrido desde principios de los años 90 cuando la proporción de cultivo de segunda era baja con relación al total de soja sembrada. El cambio acompañó el crecimiento del área sembrada con cebada en el sur de la provincia de Buenos Aires, favorecido por su cosecha anticipada, y la mayor estabilidad de los resultados económicos logrados con el doble cultivo. En resumen, hubo un cambio significativo en el área en la segunda mitad del período y en la distribución geográfica de los cultivos de invierno en la región pampeana que favoreció la participación de siembras de segunda sosteniendo gran parte del incremento de la superficie sembrada. Entre los signos del período se destacan la reversión parcial de la dominancia del cultivo de soja, reduciendo su participación del 65 al 50% del área sembrada, y la intensificación en el uso de la tierra de la agricultura extensiva, median-

En los últimos 15 años se revirtió la dominancia del cultivo de soja del 65 al 50% del área sembrada y se intensificó el uso de la tierra mediante la siembra de más de un cultivo por año en la misma superficie.



Evolución del área sembrada (**Mhas**) de los principales cultivos extensivos de granos en el período 2004-2018 en la Argentina. Elaboración propia basada en datos de **SIIA**, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.



Evolución de la producción (**Mtn**) de los principales cultivos extensivos de granos en el período 2004-2018 en la Argentina. Elaboración propia basada en datos de SIIA, Ministerio de Ganadería, Agricultura y pesca.

te la siembra de más de un cultivo por año en la misma superficie. El cultivo de maíz fue el que capturó la mayor proporción de la participación en área de siembra cedida por el cultivo de soja de primera. La notable evolución de la superficie sembrada fue en parte motorizada por la intensificación de la ganadería, actividad en creciente integración con la agricultura extensiva a escala local. Esto está representado por el alto porcentaje de los establecimientos agropecuarios que cultivan maíz que no lo comercializan en su totalidad o no lo entregan a acopio, según los resultados del último Censo Agropecuario.

Cambios en la producción total

La producción total de granos aumentó significativamente alcanzando las 129 millones de toneladas (Mtn) (promedio 2017-2019). La tasa de crecimiento de la producción total de granos alcanzó 4,17Mtn por año signada por la mayor participación del cultivo de maíz en el escenario agrícola. De hecho, el aumento de la producción de maíz alcanzó una tasa promedio de 2,61Mtn/año, constituyéndose en un fuerte modulador del escenario agrícola. Esta tendencia se fortaleció en el último período con la liberación de las retenciones al cultivo aunque se inicia antes con la expansión de las producciones intensivas de cerdos, aves y bovinos. De los restantes cultivos extensivos solo los cultivos de soja y cebada aportaron incrementos significativos en la producción de granos en el período con un ritmo de 0,99 y 0,38Mtn/año, respectivamente.

Cambios en el rendimiento

El rendimiento unitario (kg/ha) promedio a nivel nacional de los cultivos extensivos ha mostrado cambios poco significativos. Esto puede deberse tanto a la variabilidad de las condiciones climáticas (2004-2018) como al cambio en los sistemas de cultivo de alguna de las especies; particularmente, al aumento de superficie del doble cultivo de soja y de la sembrada con cultivo tardío de maíz, ambos frecuentemente de menor rendimiento. De hecho, los cultivos de soja, maíz y sorgo no han mostrado incrementos consistentes de la productividad. Contrariamente, los cultivos de girasol, trigo y cebada han tenido un incremento leve pero significativo que alcanzó los 33, 47 y 59kg/ha año respectivamente. Esta mejora de rendimiento podría asociarse con el aumento del uso de fertilizantes y con la rápida adopción de genética de alto rendimiento. Por su parte, en muchas regiones, la amplia adopción de genética tolerante a herbicidas contribuyó a potenciar el uso de tecnología en el cultivo de girasol y a mejorar su rendimiento.

Aspectos clave de un escenario en transformación

El manejo agronómico y la mejora genética de los cultivos extensivos

El cultivo de maíz fue un actor clave del período y puso en evidencia la valiosa contribución de la investigación científica en el logro de resultados tangibles. En especial, los conocimientos obtenidos en el campo de la ecofisiología del cultivo, de la mano de destacados investigadores argentinos, y los debidos al mejoramiento genético contribuyeron a alcanzar estándares de productividad y estabilidad que eran impensados treinta años antes en la agricultura extensiva de **secano**.

El rendimiento del cultivo de maíz temprano, frecuente en el área pampeana, era muy variable como resultado de las condiciones a las que quedaba expuesto durante

	Soja	Maíz	Girasol	Sorgo	Trigo	Cebada
Rendimiento (kg/ha)	2745	6836	1847	4508	2851	3533
Desvío estándar (kg/ha)	390	792	257	405	387	463
Coeficiente de variación (%)	14	12	14	9	14	13
Tasa de incremento (kg/ha año)	27	42	33	-36	47	59
Significancia de la tasa de incremento	ns	ns	<0,05	ns	<0,05	<0,05

Rendimiento medio nacional y su variabilidad expresada a través del desvío estándar y el coeficiente de variación de los cultivos de granos en el período 2004-2018. Se incluye además la tasa de incremento del rendimiento con su significancia estadística (ns: no significativo; es decir, la pendiente no es distinta de cero).

Ensilado de maíz para consumo ganadero.

su estación de crecimiento. El cultivo de maíz tardío, en cambio, exploró condiciones que atenuaban el impacto de las deficiencias hídricas, aunque lo sometían a otros desafíos, como inferiores niveles de radiación y temperatura en la posfloración, menores tasas de secado de grano y mayor presión del ambiente biótico. A esto se agrega que debe enfrentar malezas, plagas y enfermedades que difieren sensiblemente de aquellas de siembra temprana. A pesar de esta combinación de factores, el maíz tardío produjo un gran impacto permitiendo, en muchos casos, mayor productividad que la soja y mejores rendimientos que el maíz temprano bajo condiciones de secano en los peores ambientes y suelos.

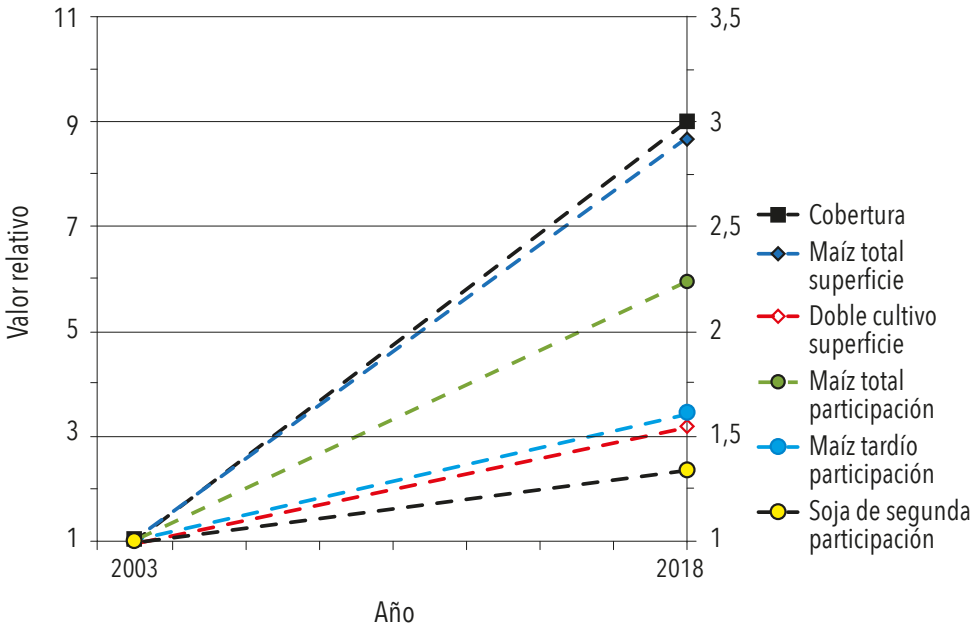
Junto con el cambio en la fecha de siembra, reducir la densidad de plantas contribuyó a incrementar la producción y la estabilidad de los rendimientos en zonas marginales ya que ayudó a aumentar la cantidad de recursos por planta en los momentos críticos, alrededor de la floración. Estas prácticas permitieron reducir el impacto de los principales factores limitantes del rendimiento y expandir su participación en ambientes antes considerados marginales. Mientras tanto, los planteos de siembra temprana con altas densidades de plantas se consolidaron en los ambientes de alto potencial. El maíz tardío permitió una mejor rotación de cultivos en ambientes frágiles que estaban dominados por cultivos de bajo volumen de rastrojo (soja o girasol), con escasa participación de especies gramíneas.

Las mejoras genéticas incluyeron el aumento del potencial de rendimiento y su estabilidad ante estrés abiótico y la tolerancia a adversidades bióticas. Para mejorar el control de malezas se incorporaron genes de tolerancia a herbicidas; para el control de plagas, se liberaron al mercado nuevos híbridos caracterizados por el apilamiento múltiple de eventos. De este modo, se aportó estabilidad en los rendimientos y flexibilidad para enfrentar problemas. Si bien el aumento del rendimiento de maíz no fue significativo, se alcanzó una mejora relevante tanto en los ambientes de menor productividad, aquellos entre 5-7tn/ha, como en los ambientes más productivos, entre 10-12 tn/ha. Esta aparente contradicción puede deberse a que, en el período analizado, aumentó la proporción de maíz cultivado en ambientes de baja productividad, lo que atenuó el incremento de los rendimientos promedio nacionales.

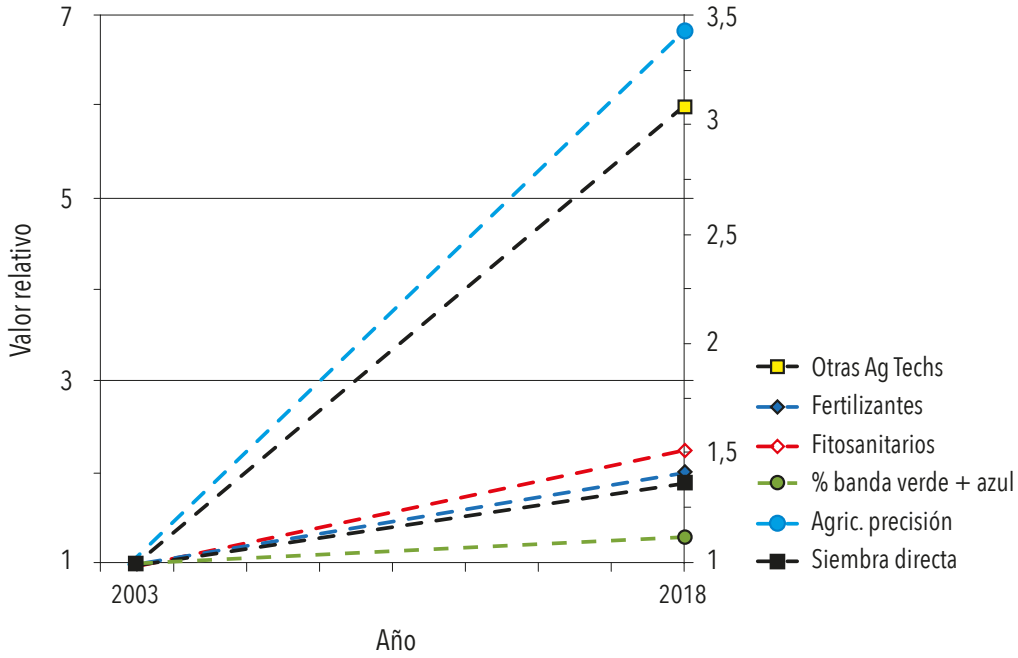
El maíz no fue el único cultivo con importantes transformaciones en el período analizado. En esta etapa se liberaron al mercado variedades de soja 'intacta' que incorporaron mayor seguridad en el manejo de glifosato y el evento **Bt** para la protección contra distintas especies de insectos lepidópteros, principales plagas del cultivo. Esta nueva genética se destaca y consolida en las regiones productivas de Entre Ríos, noreste y noroeste del país, donde se expande con mayor rapidez. En la zona central del país (centro y sur de Córdoba, Santa Fe, y norte y oeste de Buenos Aires) su introducción ha sido más lenta, y en el sureste y suroeste de Buenos Aires la adopción fue prácticamente nula.

A los aspectos antes expuestos (cambio de fecha de siembra, densidad e incorporación de nuevos genotipos) deben sumarse cambios en la rotación, además de la mayor participación de maíz en la secuencia. En especial, en la última mitad del período analizado se intensificó el uso del suelo a través del aumento del número de especies cultivadas por unidad de tiempo. Esto se consolida con el aumento de los dobles cultivos trigo/soja de segunda o cebada/soja de segunda.

También comenzó a expandirse la siembra de cultivos sin finalidad de cosecha, denominados cultivos de cobertura o cultivos de servicio. Consisten en la siembra de especies otoño-inverno-primaverales luego de un cultivo de verano, evitando así los barbechos largos sin actividad vegetal y aumentando la cobertura de rastrojo y la materia orgánica del suelo. Permite, además, afectar el ciclo de crecimiento de algunas especies de malezas y, por lo tanto, reducir el uso de herbicidas. Además, si se incorporan especies leguminosas invernales en mezclas con gramíneas o monoculturas, mejora la oferta de nitrógeno para los siguientes cultivos. Durante la primavera, estos cultivos se destruyen mecánicamente (utilizando **rolos** diseñados a ese fin) o químicamente (con herbicidas). Al momento, el uso de electricidad para la destrucción del cultivo de servicio o para el control de malezas no se ha difundido en la Argentina, aunque está a prueba en varias regiones. La intensificación del uso del suelo de la mano de cultivos sin finalidad de cosecha está lentamente transformando el manejo agronómico y tecnológico del agro.



Valores en 2018 (relativos a 2003) de la superficie del cultivo de maíz o del doble cultivo (rombos), de la participación en la superficie total del cultivo de maíz y del maíz tardío en la superficie total de maíz (círculos), de la participación de la soja de segunda (Sj2da) en la superficie sembrada con soja (eje vertical derecho). También se muestra el cambio en la proporción de productores **CREA** que utilizan cultivos de cobertura (C. cobertura; cuadrados) (eje vertical izquierdo). Los valores de referencia correspondientes a 2003 fueron 3,05 y 3,08Mhas de maíz y doble cultivos, respectivamente; 11,5% para la participación del maíz en la superficie total; 28% para la participación del maíz tardío en la superficie sembrada de maíz; 21,5% para la participación de soja de segunda en el área total de soja, y 1% para el porcentaje de productores CREA que utilizaban cultivos de cobertura. Las rectas del gráfico no implican tasas lineales de cambio en el período considerado.



Valores en 2018 (relativos a 2003) de la cantidad de fertilizante o fitosanitarios (rombo rojo) utilizados, de la superficie bajo **siembra directa** (cuadrado negro) y bajo agricultura de precisión (círculo celeste) y de uso de fitosanitarios **banda verde** y **azul** (círculo verde) (eje vertical derecho) y de uso de otras **Ag Techs** (cuadrado amarillo) (eje vertical izquierdo). Las tres últimas variables se estiman con datos de productores CREA. Los valores de referencia correspondientes a 2003 fueron 2,75**Mt** de fertilizante y 225**Mkg** o litros de fitosanitarios (producto comercial); 63% de superficie bajo siembra directa; 76% para la proporción de uso de productos fitosanitarios banda verde y azul; 7% de superficie bajo agricultura de precisión; y 2% de productores que utilizaban otras Ag Techs. Las rectas del gráfico no implican tasas lineales de cambio en el período considerado.

Tecnologías digitales

Hacia fines del siglo XX, las tecnologías digitales comenzaron a ingresar en el agro principalmente a través de la detección de la heterogeneidad de la vegetación con sensores satelitales y la aparición de cosechadoras con monitores de rendimiento. Esto permitió desarrollar lo que se denomina agricultura de precisión, manejo sitio específico de cultivos o, en sentido amplio, agricultura por ambientes. Estas tecnologías se extendieron en los últimos quince años y al día de hoy, casi un cuarto de los productores CREA las utiliza. Surgieron empresas con distintos modelos de negocio y definición de sus sensores para ayudar a los productores a reconocer la variabilidad de la productividad dentro de su establecimiento y de sus lotes. Pero su difusión varió entre regiones, concentrándose en el oeste bonaerense, este de La Pampa, centro y sur de Córdoba y el **NOA**. En los últimos quince años esta tecnología no solo se apoyó en las posibilidades de sembrar densidades variables o aplicar dosis distintas de fertilizante según ambiente sino que comenzó a influir en la rotación y la distribución espacial de las especies y en el manejo de los cultivos según las características diferenciales de los distintos sectores de los campos.

En la última década se ha difundido el uso de sensores en las pulverizadoras para generar aplicaciones dirigidas

solamente a las áreas con malezas. Los usuarios de estos sistemas alcanzaron amplia difusión en el **NEA** y el NOA y, más recientemente en el área central incluyendo el sureste de Buenos Aires. Cerca del 12% de los productores CREA utilizan alguna de estas tecnologías. Existe un gran potencial para la utilización de tecnologías geoespaciales, de sensores, de información y comunicación, de robótica, y de técnicas de aplicación que posibilitan reducir al máximo el empleo de herbicidas y combustibles fósiles ajustándose a las necesidades reales de cada situación, algo que puede extenderse al control de enfermedades y plagas animales. En conjunto, la agricultura de precisión, el manejo por ambiente y las pulverizaciones dirigidas han permitido mejorar la producción de los cultivos a través de decisiones y manejo agronómico más certeros, reducir los costos de insumos (semilla, herbicidas o fertilizantes) y en alguna medida disminuir los riesgos ambientales asociados con el manejo extensivo de cultivos.

Simultáneamente, en los últimos quince años aparecieron aplicaciones digitales orientadas a la mejor gestión de los recursos y la reducción de costos y pérdidas de rendimiento. Comenzaron a difundirse sistemas para el monitoreo de los cultivos incorporando el registro y la toma de decisión en aplicaciones sobre plataformas accesibles (tabletas o celulares). La mejora en la conectividad y el acceso a dispositivos móviles resultó estratégica para la expansión de estas herramientas digitales en el agro; su uso continúa expandiéndose, aunque lentamente, en el último quinquenio. Algunas aplicaciones ya incorporan la gestión de insumos y la logística de productos, convirtiéndose en verdaderos reservorios de los procesos ejecutados dentro de una empresa para su evaluación, gestión o mejora.

La revolución de las nuevas tecnologías en el agro recién está comenzando. Hay emprendimientos en desarrollo que incorporan sensores de todo tipo, algoritmos, redes neuronales e inteligencia artificial. Sin embargo, el proceso desde la innovación al uso extensivo de la tecnología es aún incipiente. Un trabajo reciente enumeró cerca de 63 empresas o emprendimientos que incluyen aplicaciones digitales en distintos procesos del manejo o de la toma de decisión en el proceso productivo. Cerca del 75% de estos emprendimientos se encuentra en el mercado o ha completado su desarrollo. Se percibe que una gran parte de ellos ha adquirido visibilidad recientemente, pero aún son escasas las evidencias sobre el impacto *ex post* de estas innovaciones. Según datos del último Censo Agropecuario y reportes recientes sobre **Ag Techs**, existe una brecha importante entre las múltiples tecnologías digitales disponibles y su adopción o uso efectivo por parte de productores. En cualquier caso su desarrollo debe apoyarse en las demandas de los productores y la búsqueda de soluciones que integren a los distintos actores, incluyendo a los que desarrollan sus actividades en la producción y en la investigación en instituciones públicas y privadas y al sector empresario.

El agro y el ambiente

La expansión y la simplificación del modelo agrícola, la economía de escala y la incorporación de tecnología aumentaron la presión sobre el medio ambiente. Hay evidencias de deterioro del ambiente abiótico, vinculado a la dinámica del agua, el ciclado de los nutrientes y el ambiente físico del suelo que afecta el crecimiento de los cultivos. A esto se le suma un aumento de la contaminación ambiental por el uso de agroquímicos.

La salud del suelo es central en el ámbito productivo cuando se analiza el impacto del agro sobre el medio ambiente. Distintos niveles de erosión alcanzan a 45 millones de hectáreas de los suelos de la región chaco-pampeana, comprometiendo la productividad y el uso futuro de esas tierras. Es reconocido el hecho de que la **siembra directa** de cultivos, en el modelo extensivo imperante en los últimos quince años, ha hecho una contribución positiva pero ha sido insuficiente para frenar procesos de degradación en áreas sensibles de la Argentina.

En términos del ciclado de nutrientes, dos aspectos son destacables. Por un lado, el nivel de reposición de nutrientes extraídos por la cosecha de granos, si bien ha mejorado respecto de los valores del siglo pasado, no supera el 40-70% de lo exportado para el nitrógeno, fósforo y azufre, con amplias variabilidades entre regiones. Los niveles de reposición más bajos corresponden al norte del país. En paralelo, investigaciones recientes dan cuenta de una caída de componentes esenciales de los suelos (por ejemplo, materia orgánica y fósforo) en las áreas centrales de producción de la Argentina. Una solución posible es el aumento del uso de fertilizantes que redundaría en un aumento de la productividad y de los niveles de reposición. Cifras de la primera década del siglo indican que un aumento del 10% de uso de fertilizantes produjo el 6% de aumento de la productividad de granos. No obstante, su uso es aún muy inferior al de los de países desarrollados, como Estados Unidos. Es evidente que existen amplias posibilidades y necesidades de expandir el uso de fertilizantes en el sistema extensivo de producción de granos. Otro aspecto es la mejora del ciclado de nutrientes en el establecimiento. El uso de fuentes orgánicas (reciclado de tambos y producciones intensivas de cerdos y aves, por ejemplo) mejora la salud de los suelos y reduce el efecto de contaminación. Sus beneficios son destacados, aunque su utilización y posibilidades de expansión resultan aún limitadas.

El uso de plaguicidas en el país se multiplicó muchas veces desde 1960 hasta hoy. En la campaña 2011-2012 se

utilizaron cerca de 9kg o litros de formulado por hectárea cultivada, valor muy superior al de principios de la década de 1990 (1,95kg o litros por ha) y al promedio mundial. Los productos utilizados en la actualidad en el país son en general menos tóxicos y persistentes que los usados en el pasado. El porcentaje de plaguicidas correspondientes a las categorías menos peligrosas (bandas verde y azul) creció del 31% en 1985 al 85% en 2016 en los planteos extensivos de grupos CREA. No obstante, el elevado uso de plaguicidas constituye un riesgo creciente. El glifosato es el compuesto más utilizado seguido por los piretroides, los fungicidas y otros herbicidas. El alto uso de glifosato se asocia con la práctica de la siembra directa y la utilización de cultivares RR de soja y maíz. Relevamientos recientes en distintos lugares del país indican presencia de los productos utilizados en agua, suelo y aire. Asimismo, la aparición de problemas asociados con resistencias a fitosanitarios y tecnologías utilizadas para el control de malezas, plagas y enfermedades fue un signo destacado de los últimos quince años.

Es reconocido que la siembra directa de cultivos, en el modelo extensivo imperante en los últimos quince años, ha hecho una contribución positiva pero ha sido insuficiente para frenar procesos de degradación en áreas sensibles de la Argentina.

A fines de la década de 1980, luego de casi treinta años de expansión de la agricultura extensiva y del uso de fitosanitarios, no se había detectado ningún caso de resistencia en malezas, plagas o enfermedades de los cultivos en la Argentina. Pero, a comienzos de los 90, en los albores de la segunda revolución agrícola de las **pampas**, se detectó la primera resistencia a herbicida en el país. Fue el caso del yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*), resistente a un herbicida inhibidor de la enzima ALS. La producción extensiva ya había mostrado signos de deterioro con el avance de esquemas simples de manejo de especies de malezas tales como el sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) o el gramón (*Cynodon dactylon*). Sin embargo, desde finales de la primera década de este siglo hasta el presente se han reportado más de 27 biotipos de malezas resistentes a herbicidas. También apareció la resistencia de insectos a eventos transgénicos como el barrenador del tallo del maíz (*Diatraea sacharallis*) y el gusano cogollero (*Spo-*

Gramíneas tolerantes a los herbicidas en un campo de maíz.

Productores analizando un cultivo de trigo.

doptera frugiperda). Todo esto puso en jaque el desarrollo y la seguridad de tecnologías que facilitaron la expansión del modelo agrícola de granos.

Estos procesos han sido favorecidos por el sistema de producción, los cambios en el uso de la tierra, la expansión de la agricultura, el deterioro del suelo y la reducción del área con cultivos de invierno. También fueron promovidos por la expansión de los cultivos resistentes a glifosato en soja, maíz y algodón y el de los maíces Bt en las distintas versiones con eventos simples o apilados, el bajo costo de las tecnologías y su amplia disponibilidad. Finalmente, está el productor que demanda la simplificación de los sistemas productivos y el aumento de las posibilidades de gestionar mayor escala apoyado en la concentración genética y la estandarización del modelo agronómico. Las interacciones entre estos factores desencadenaron procesos adaptativos que llevaron a la proliferación de plagas, enfermedades y malezas resistentes. El modelo simple agrícola descubre en las resistencias de estos organismos las dificultades de enfrentar los mecanismos evolutivos que los han hecho exitosos a través de los tiempos.

El porcentaje de plaguicidas correspondientes a las categorías menos peligrosas (banda verde y azul) creció del 31% en 1985 al 85% en 2016

Frente al problema, la atención se centró en sostener los beneficios de la biotecnología y no en la evaluación de enfoques alternativos integrados para prolongar su vida útil. Las tecnologías simples no han sido exitosas en dar solución permanente a los problemas complejos. La intensificación del uso del suelo con dobles cultivos o cultivos de cobertura, las rotaciones diversas de especies y de mecanismos de acción de fitosanitarios o formas de intervención han sido introducidas tardíamente y, en muchos casos, junto con el manejo integrado de plagas, malezas y enfermedades, son enunciados con poca aplicación en la práctica productiva extensiva. En este contexto, en los últimos años se buscaron soluciones integradas a los problemas bióticos de los cultivos pero que enfrentan dificultades derivadas del hecho de que (i) usualmente incorporan tecnologías no apropiables, por lo que su investigación y desarrollo despierta poco interés en el sector privado; (ii) son más complejas de aplicar pues requieren más conocimiento y dedicación, y (iii) sus beneficios son difíciles de valorar (no se identifica claramente el factor de éxito) debido a que aún hay desconocimiento de la complejidad de los procesos clave del problema de las malezas, plagas y enfermedades, y de su impacto.

La utilización de secuencias simplificadas de especies anuales de ciclo corto de crecimiento aumentó la productividad pero redujo el consumo de agua. Esto, junto con la menor producción de rastrojo, redujo la infiltración de las lluvias en las porciones altas del terreno, y causó el ascenso de napas y anegamientos en las áreas bajas. La deforestación y el pasaje de pasturas a cultivos también producen estos efectos. Como consecuencia, la superficie con posibilidades de ser sembrada se reduce, temporaria o permanentemente, en las áreas centrales del país. Este movimiento horizontal (escurrimiento) y vertical del agua aumenta el riesgo de la contaminación con fertilizantes –**eutrofización** y emisiones de gases de efecto invernadero– y con fitosanitarios. El aumento del uso de ambos insumos y la expansión de la agricultura agravaron los signos de estos procesos. En respuesta, la atención se puso en el manejo de los procesos que determinan el movimiento del agua y de las distintas sustancias y partículas transportadas en el suelo desde el establecimiento a otras porciones del paisaje en las cuencas. La capacitación y concientización de productores y agrónomos locales sobre las externalidades de sus decisiones han aumentado notoriamente en la última década.

Los aumentos de la producción no pueden basarse principalmente en la expansión de la superficie cultivada pues esta resulta en pérdida de biodiversidad, emisiones de gases de efecto invernadero, excesos hídricos y exposición de tierras frágiles a procesos de degradación. Los mayores esfuerzos deben enfocarse en la intensificación del uso de la tierra a través de tecnologías que permitan reducir la erosión y degradación de los suelos y los excesos hídricos, evitar la contaminación química, utilizar más eficientemente los recursos e insumos, mantener la biodiversidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre estas tecnologías se destacan las de procesos y de conocimientos. El conocimiento del ambiente, del funcionamiento de los cultivos, de la biología de plagas y de las interacciones dinámicas entre los componentes del sistema es fundamental para guiar los procesos de la pro-

ducción tales como el manejo del suelo y las rotaciones, el manejo de los cultivos, las pasturas y los pastizales, el manejo integrado de malezas, plagas, etcétera.

La futura manifestación de nuestra capacidad creativa e innovadora deberá ser adaptar, transferir y desarrollar tecnologías que resulten en mayor productividad y en menor impacto ambiental.

Comentario final

Iniciado el siglo XXI, la agricultura enfrenta el desafío de mantener e incrementar su productividad de una manera sostenible. La agricultura ha hecho una gran contribución a la producción de alimentos y al crecimiento del país. Luego de haber transitado un espiral de cambios vertiginosos, los últimos quince años enfrentan al sector a nuevos contextos tecnológicos. Algunas innovaciones que estuvieron apoyadas en extensas investigaciones generaron cambios cuya magnitud fue difícil de prever. Sin lugar a dudas, uno de los desafíos emergentes de este período es aprender del dinamismo de esos procesos innovadores y repensar los objetivos para construir el camino más correcto. La producción extensiva aparece en transición buscando reconstruirse y atenuar los efectos no deseados. Enfrenta el desafío de satisfacer las demandas futuras cuidando el medio ambiente y asegurando rentabilidad y un desarrollo inclusivo y equitativo.

Si hasta hoy predominaron la expansión de la superficie bajo cultivos y las tecnologías de insumos, en el siglo XXI deberán imponerse las tecnologías de procesos basadas en conocimientos. Dentro de estos conocimientos, la biología y la ecología tendrán un rol relevante. Las tecnologías de procesos y conocimientos, en sinergia con las tecnologías duras, además de permitir satisfacer las demandas y los requerimientos de alimentos, deben contribuir a reducir la erosión y degradación de los suelos y los excesos hídricos, evitar la contaminación química, utilizar más eficientemente los recursos e insumos, mantener la biodiversidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Dicha interacción de tecnologías puede romper el paradigma de los incrementos decrecientes (utilizar más insumos para obtener incrementos de productividad cada vez más pequeños) y construir uno que permita saltar de curva de respuestas posibilitando un aumento significativo de la eficiencia de uso de insumos o recursos e incluso una reducción de insumos sin mermas de productividad. Estas líneas de trabajo están siendo abordadas intensamente en la última década como uno de los caminos para desacoplar la mejora de productividad del impacto ambiental negativo. La capacidad de innovación, de la que el sector ha dado pruebas sobradas, será necesaria para abordar este desafío. Las nuevas tecnologías maduran con rapidez y seguramente contribuirán a alcanzar nuevas y efectivas soluciones a los actuales y futuros problemas.

Para alcanzar los objetivos de una producción sostenible, además se necesita la virtuosa articulación de actores, visiones y disciplinas. El éxito de un modelo productivo es responsabilidad de un amplio número de actores en el sector y el país. Su capacidad de resolver los problemas y potenciar virtudes depende de acciones colectivas (como en casi todos los problemas complejos) sostenidas en una profunda, veraz y amplia comunicación y, en especial, en la capacitación de todos los que intervienen. La agricultura de los próximos quince años será más compleja y deberá dejar de mirar solo el lote y abordar tecnologías y sus impactos a escalas de paisaje, cuencas, ecosistema y socioecosistema en camino a la construcción de sistemas productivos extensivos sostenibles. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ANDRADE F, 2017, *Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*, Ediciones INTA, Buenos Aires.

CASAS R Y ALBARRACÍN M, 2015, *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina*, FECIC, Buenos Aires.

SATORRE E, 2005, 'Cambios tecnológicos en la agricultura actual', Ciencia Hoy, 15: 24-31.

Emilio H Satorre

Doctor en ciencias agropecuarias (PhD), University of Reading, Reino Unido.
Profesor titular, UBA.
Investigador asociado IFEVA, UBA-Conicet.
satorre@agro.uba.ar

Fernando H Andrade

Doctor en ciencias agropecuarias (PhD), Iowa State University, Estados Unidos.
Profesor titular, UNMdP.
Investigador principal del Conicet y del INTA .
andrade.fernando@inta.gob.ar

Diego Hernán Rotili y Martín Oesterheld
Facultad de Agronomía, UBA

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 asesoramiento 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).

Mediciones de coloración de hojas de maíz.

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 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.

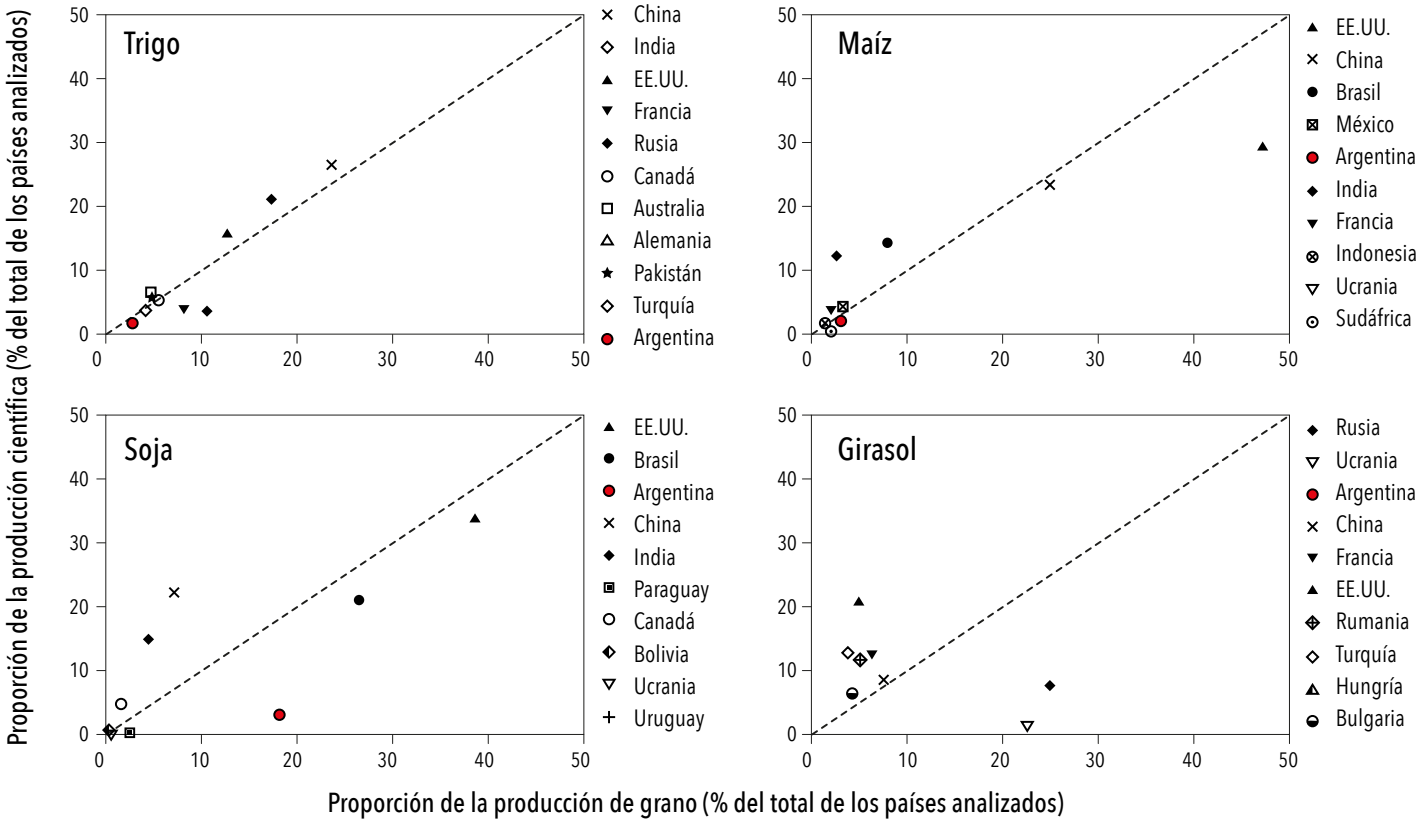
El ejemplo del maíz ilustra la razón de ser de un sistema científico-tecnológico en la Argentina. Su contribución a los conocimientos que condujeron a este cambio tecnológico fue pequeña. Sin embargo, la labor de los investigadores locales tuvo otro efecto, pocas veces notado, pero de gran importancia: 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

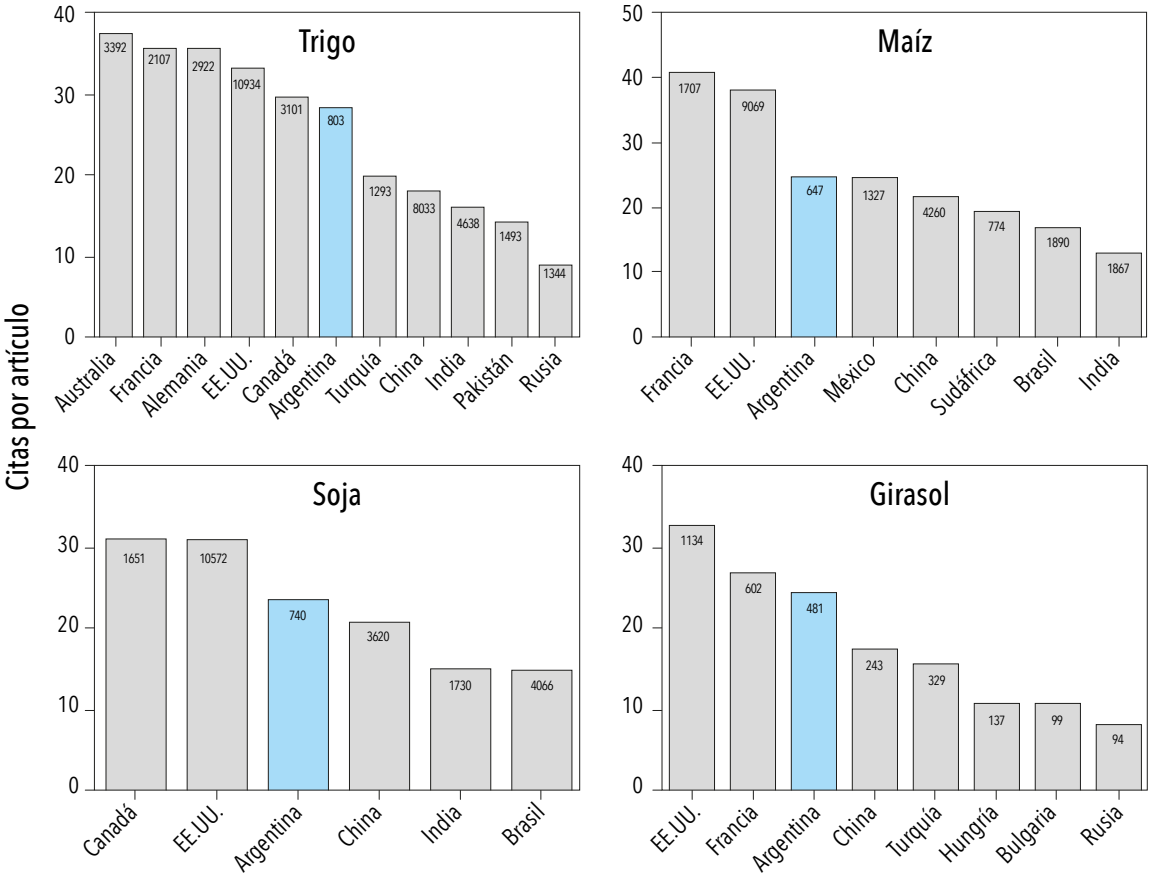
La producción de conocimiento científico por país en el conjunto de los cultivos estudiados se relaciona estrechamente con la inversión total en investigación y desarrollo agropecuario. Además, como indica el recuadro 'Los retornos económicos de la I+D agropecuaria en Argentina', la rentabilidad de la 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 mejores 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

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 análisis 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. CH

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 HALL A, 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

Esteban G Jobbágy
Instituto de Matemática Aplicada de San Luis. UNSL-Conicet

Sebastián Aguiar y Gervasio Piñeiro
Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura. FAUBA-Conicet

Lucas A Garibaldi
Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural. UNRN-Conicet

Impronta ambiental de la agricultura de granos en Argentina: revisando desafíos propios y ajenos

Introducción

Desde el comienzo de este siglo el planeta ha experimentado una aceleración sin precedentes en la producción, consumo e intercambio de granos. Los incrementos –en el período 2002-2017– fueron mayores a los de períodos previos, tanto a nivel mundial como nacional. La producción global de granos, aceites y soja aumentó 44, 100 y 96% respectivamente. El intercambio global de granos creció 67%, lo que representa el 16% de lo producido. En el caso particular de la soja estas cifras superan por mucho la media; 161 y 42%, respectivamente (**FAOSTAT**). Las causas han sido el aumento de la población humana y del consumo per cápita medio, especialmente para aquellos granos con mayor aporte de proteína y aceite. En el caso de la proteína, la alimentación de animales productores de carne ha sido protagónica, mientras que en el caso de los aceites la producción de biocombustibles se ha sumado al creciente uso alimentario. En este contexto, el territorio argentino se posicionó como exportador dominante de soja, aportando 5% del grano y 40% de la harina (concentrado proteico) y 42% del aceite consumido mundialmente. Esta expansión fue secundada por la del cultivo de maíz, que ha ganado peso en el mismo período (ver el artículo de Satorre y Andrade en este número). El incremento de la producción ocurrió gracias a un fenomenal aumento del área cultivada en la llanura chaco-pampeana y, sobre todo, del

¿DE QUÉ SE TRATA?

De los impactos ambientales de la agricultura de granos en la Argentina.

rendimiento de los cultivos; abriendo múltiples interrogantes y controversias respecto de su sustentabilidad e impacto sobre la naturaleza y las poblaciones humanas locales ¿En qué medida esta expansión presiona al ambiente? ¿Cómo afecta la capacidad del territorio para (i) sostener la producción agrícola a largo plazo, (ii) ofrecer otras contribuciones vitales para la sociedad como la regulación del clima o las inundaciones y (iii) conservar la diversidad natural de sus especies y ecosistemas? Si bien en el presente estas preguntas están abiertas y son fuente de profundo debate, la evidencia disponible muestra impactos que además de ser apreciables son, en muchos casos, notablemente contrastantes con los antecedentes planteados por otras regiones muy cultivadas del mundo.

Sintetizaremos las características locales de los impactos de la agricultura y compararemos estos con otros sistemas del mundo para dar bases más sólidas para abordajes tecnológicos y políticos al uso de la tierra en el país. Exploraremos cuatro dimensiones de los impactos ambientales, que incluyen la pérdida de hábitats naturales o seminaturales, el balance negativo de nutrientes, las transformaciones hidrológicas y el creciente uso de herbicidas.

Pérdida de hábitats en el tiempo y el espacio

En los últimos quince años el área que anualmente se destina a la producción de cultivos en la Argentina se expandió 55% siguiendo dos caminos. El primero involucró la reducción brusca del área con pasturas perennes, que se encontraba en rotación con los cultivos de granos y se dedicaba principalmente al pastoreo directo. Las pasturas poseen mayor diversidad de especies, raíces más abundantes y profundas y un ciclo de crecimiento más extendido en el año que los cultivos de granos. Esta vía de expansión predominó en la llanura pampeana y fue especialmente importante en el sur de Córdoba (aumento del 30 al 70% agrícola) y oeste de Buenos Aires y este de La Pampa (aumento del 20 al 40% agrícola) (ver recuadro 'Cambios en la dinámica estacional de los ecosistemas en la llanura agrícola argentina'). La otra vía de avance fue la del reemplazo de la vegetación natural, predominantemente la de los bosques y las sabanas de las regiones del **Chaco seco** y el **espinal** y, en menor medida, la de pastizales y humedales pampeanos. En el Chaco seco, donde se observaron las mayores tasas de deforestación del país, se perdieron más de 4,6 millones de hectáreas de bosque (3,1 millones de hectáreas destinadas a cultivos de granos y el resto a pasturas). En esta región, la ley de bosques, reglamentada en 2009, parece haber limitado solo parcialmente la deforestación para cultivos, que en muchos casos continuó sobre áreas no legalmente habilitadas.

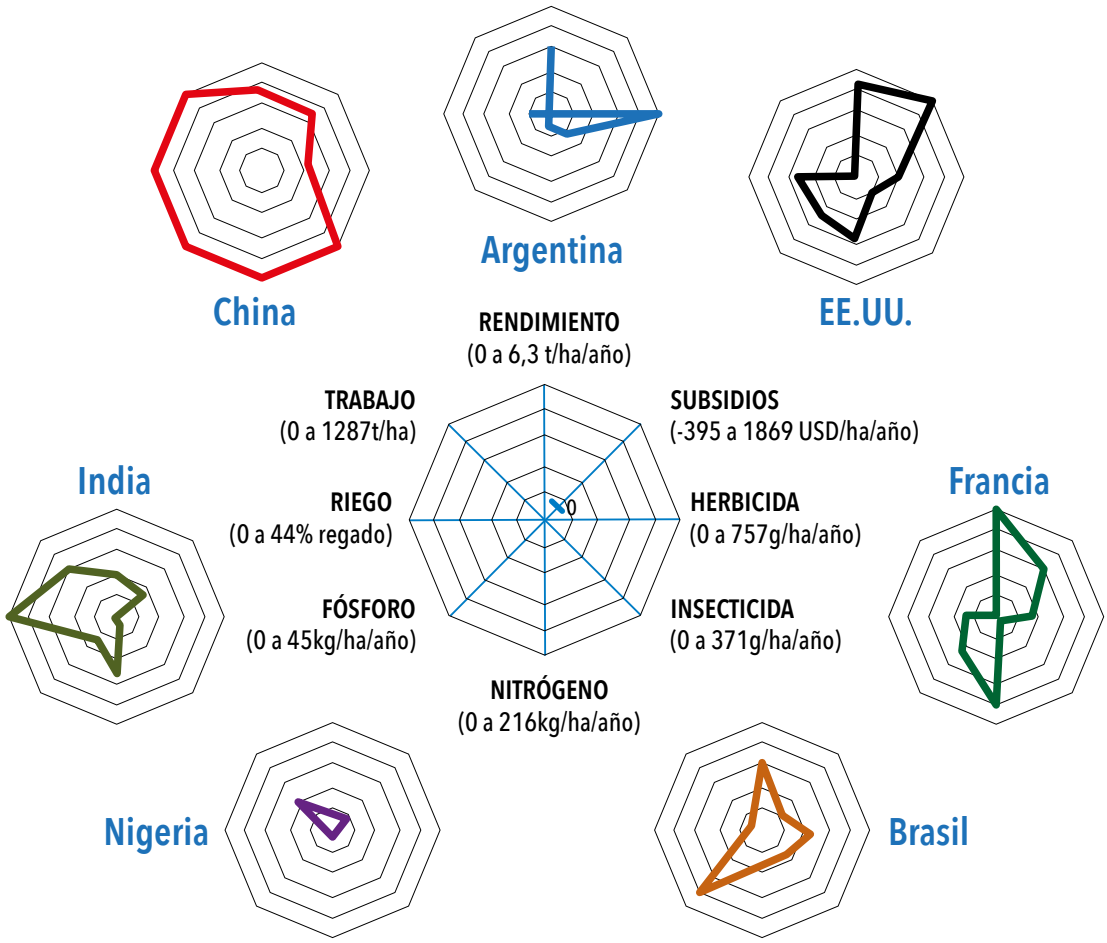
La expansión y transformación de la agricultura ha provocado una reducción de la diversidad biológica de las áreas más intensamente cultivadas de la región pampeana, manifestándose en extinciones locales de grandes mamíferos, aves, e incluso plantas nativas. Las comunidades de malezas también se han empobrecido en estos territorios. En las áreas más cultivadas del Chaco y el espinal son más abundantes los relictos de vegetación natural; sin embargo, se ha demostrado que la supervivencia de las poblaciones de muchos mamíferos nativos en la mayoría de los fragmentos de bosques remanentes es inviable. Más allá de las pérdidas de diversidad, estos cambios alteraron el funcionamiento de los ecosistemas de regiones enteras, incluyendo algunos cambios sorprendentes e inesperados en la hidrología regional, los cuales se ejemplifican más adelante. Surge así la necesidad de encontrar caminos viables para proteger y restablecer ecosistemas que complementen en tiempo y espacio a los cultivos, contribuyendo a su sustentabilidad productiva, proveyendo parte de los servicios ecosistémicos afectados y cobijando la diversidad biológica amenazada.

Hipoteca y pérdida de nutrientes

Mientras la mayoría de las regiones productoras de granos en el mundo comparten el problema de fertilización excesiva actual o reciente, la Argentina experimenta la situación opuesta. El incremento mundial del rendimiento de granos tuvo como uno de sus pilares el crecimiento exponencial del uso de nitrógeno fijado industrialmente desde la atmósfera y de fósforo mineral exportado desde unos pocos países al resto del planeta. Este aporte fue clave para que suelos agotados pudieran sostener aumentos de producción. Sin embargo, una fracción considerable de estos aportes no acabó nutriendo cultivos o reponiendo la fertilidad del suelo. Fue, en cambio, transportada por el agua provocando uno de los impactos ambientales más comunes de la agricultura, conocido como **eutrofización** (eclosiones de algas, disminución extrema del oxígeno disuelto), capaz de deteriorar fuentes de agua dulce y ecosistemas acuáticos continentales y marinos, aun a miles de kilómetros aguas abajo (por ejemplo, los casos del golfo de México o del mar de la China). Mientras que en la última década y media la fertilización se redujo drásticamente en países largamente sobrefertilizados como Estados Unidos o Francia, aumentó bruscamente en los lotes cultivados de Asia (ver recuadro de p. 37).

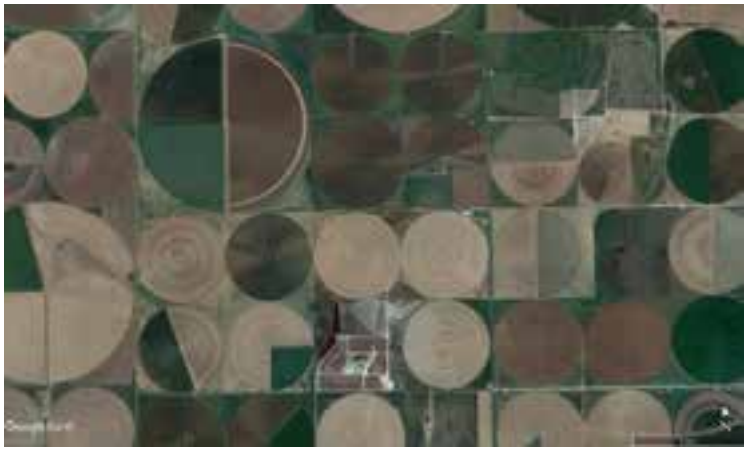
Notablemente, la Argentina ha mantenido una muy baja fertilización en toda su historia agrícola, y el balan-

PRODUCCIÓN E INSUMOS: ARGENTINA VERSUS 'RESTO DEL MUNDO'



Los sistemas de producción de granos en la Argentina presentan una situación poco común a nivel global, que combina rendimientos medios, usos muy bajos de fertilizante, riego y mano de obra, y consumo récord de herbicidas. Esto ocurre en un contexto de gravámenes netos muy altos a la producción que contrastan con la predominancia global de subsidios. Al comparar un espectro amplio de países productores de granos se encuentra que la Argentina, utilizando cantidades muy bajas de nitrógeno y fósforo, alcanza rendimientos que son 30 a 40% menores que los que alcanzan países muy productivos como Estados Unidos y Francia. Esto es posible gracias a la dominancia de un cultivo como la soja, que es capaz de capturar biológicamente el nitrógeno que necesita (por unidad de producto, la Argentina utiliza hoy niveles de fertilización nitrogenada similares a los de Nigeria con 7,2 y 6,7kg/tn grano, respectivamente), y al aporte de fósforo de suelos muy fértiles que se cultivan hace relativamente poco tiempo (comparar con Brasil, con suelos naturalmente más pobres, o con China, con suelos cultivados hace siglos). La agricultura en la Argentina muestra un récord global por su baja demanda de mano de obra y por su alto uso de herbicidas, requiriendo menos de 10 trabajadores cada 1000 hectáreas y aplicando 750 gramos de herbicida por hectárea cada año. China ha alcanzado recientemente rendimientos 20% mayores que los argentinos apoyándose en un consumo desproporcionadamente más alto de mano de obra y de todos los insumos excepto herbicidas (por unidad de superficie utiliza aproximadamente 128 veces más trabajadores, 4 veces más fósforo, 8 veces más nitrógeno y 4,5 veces más insecticidas). En esa nación la superficie agrícola recibe subsidios económicos similares a los de Francia. Con un territorio agrícola predominantemente seco (clima semiárido a subhúmedo), la Argentina riega una fracción ínfima de sus cultivos de granos (<7%), contrastando con otras naciones igualmente secas como India, donde casi la mitad de la producción de granos tiene lugar en campos irrigados.

Datos obtenidos de la base de datos FAOSTAT (producción, área, rendimiento, uso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas y de mano de obra) de 2010, o en su defecto 2011 o 2012, según disponibilidad. La información correspondiente a los subsidios o gravámenes fue consultada en distintas fuentes especializadas y pretende ofrecer una magnitud tentativa, siendo su cálculo preciso muy dependiente de los criterios contables utilizados.



De arriba a abajo. Imágenes satelitales de campos de cultivo en San Luis (Argentina), Texas (EE.UU.) y Uttar Pradesh (India), todos en la misma escala. Fotos Google Earth

ce negativo de nutrientes parece haberse acrecentado en los últimos tres lustros. En el caso del nitrógeno, la predominancia del cultivo de soja, fijador biológico de este nutriente, ha resuelto parte de la demanda, pero en cambio el trigo y maíz experimentaron limitaciones solo suplidas marginalmente por la fertilización. En el caso del fósforo, la llanura ha mantenido su balance negativo (entre 2002 y 2017 las cantidades de fósforo retiradas con los granos cosechados y restituidas con la fertilización fueron de 5,2 y de 3,8 millones de toneladas, respectivamente). El retiro total de fósforo en soja, maíz, trigo, girasol y cebada fue de 4,5, 2,1, 4,1, 3,9 y 3,5g por kg de grano cosechado en cada uno de ellos. Así, en las zonas con mayor historia agrícola de la región pampeana se ha producido quizá el vaciamiento de fósforo más veloz del planeta, algo que fue posible gracias a las generosas reservas de nuestros suelos. Paradójicamente, no todos los nutrientes que se perdieron de los suelos de la llanura fueron cosechados en los granos. El desacople temporal entre la liberación de nutrientes del suelo y su demanda por parte de los cultivos ha generado fugas por volatilización y lavado, generando en este último caso condiciones para la eutrofización local de lagunas. Por ejemplo, la gran movilización otoñal del nitrógeno, que hasta entonces estaba retenido en los restos de plantas de soja que quedan después de la cosecha, encuentra campos que no serán ocupados por cultivos hasta la primavera siguiente, cuando vuelva a sembrarse soja o maíz. La falta de actividad vegetal en ese período favorece las pérdidas por volatilización de óxido nitroso, un gas con potente efecto invernadero. Se impone actualmente la necesidad de restablecer los nutrientes perdidos de las tierras cultivadas no solo para garantizar la producción de granos futura, sino también para mejorar el estado general de los suelos (su fertilidad química y física) y favorecer su almacenamiento de carbono. Hacerlo sin llegar a los excesos de la eutrofización desplegados en Europa y Asia es uno de los desafíos emergentes que necesita soluciones ecológicas integrales y una visión sistémica que considere explícitamente las transferencias de nutrientes en el tiempo (por ejemplo, entre cultivos sucesivos) y en el espacio (por ejemplo, entre lotes cultivados y humedales contiguos).

Haciendo agua

El mayor consumo de agua dulce global corresponde al riego agrícola. Tres de las más grandes llanuras productoras de granos del mundo (oeste de las grandes planicies en Norteamérica, Indo-Ganges y norte de China en Asia) han generado un vaciamiento de aguas subterráneas sin precedentes en la historia. Allí, hoy se riega bombeando agua desde cientos de metros de profundidad con un gasto energético que supera al de todo el resto de las labores y los insumos sumados, y con impactos ambientales que van más allá del agotamiento de reservas hídricas e incluyen hundimientos del terreno y degradación de ecosistemas acuáticos. En nuestro país ese tipo de riego se restringe fundamentalmente a producciones más intensivas, como la vid en Cuyo, siendo aún muy poco frecuente (pero incipiente) en los sistemas de producción de granos.

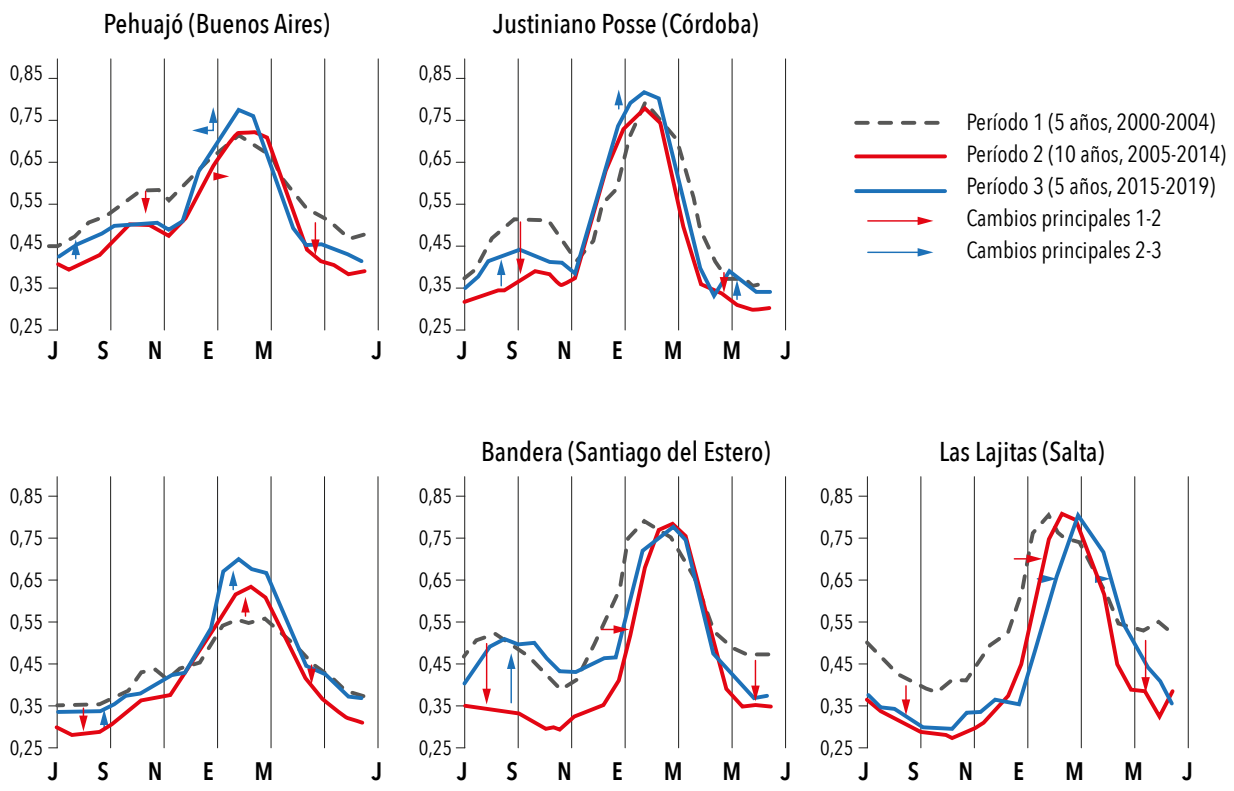
También en esta dimensión, la Argentina ha seguido un camino opuesto, y alberga uno de los focos agrícolas menos regados del planeta. De hecho, la agricultura en la llanura chaco-pampeana ha reducido el consumo del agua que naturalmente aportan las lluvias, generando un remanente líquido mayor al que dejaban las pasturas cultivadas y la vegetación natural (que, gracias a su actividad continua durante casi todo el año, a sus raíces más profundas y a su capacidad de mantenerse activas aun en condiciones de anegamiento, extraen por transpiración un volumen de agua mayor). Lejos de agotar las reservas de agua dulce, la agricultura argentina las ha aumentado, y esto en algunas zonas ha provocado problemas debido a la incapacidad de evacuar los excesos hídricos por la muy baja pendiente, causando severas inundaciones. El esquema agrícola actual, con predominio de un único cultivo por año y barbechos largos, determina un consumo de agua bastante menor al aporte medio de las lluvias. Este planteo conservador, que le ha conferido cierta estabilidad a los rendimientos, ha llevado a un progresivo ascenso de las napas freáticas (techo de la zona saturada de agua del perfil del suelo o los sedimentos inmediatamente debajo). Por debajo de cierta profundidad, estas napas protegen a los cultivos de las sequías, pero cuando se acercan demasiado a la superficie comienzan a reducir el área cultivable y vuelven a los paisajes mucho más propensos a inundarse que antes. La logística del transporte y acopio de granos, así como otras actividades productivas regionales (como la lechería) y la vida en los pueblos de la llanura, sufre el impacto de las inundaciones aun más que la propia producción de granos. En las llanuras más secas del espinal y el Chaco, el mismo fenómeno está disparando procesos de salinización debido al ascenso de napas, pues los cultivos también consumen menos agua que los bosques y sabanas que reemplazan. El desarrollo de esquemas de uso de la tierra cultivable que ajusten el consumo de agua de los cultivos de granos, o de otros cultivos que los acompañen en la rotación, en función de los contenidos de agua del suelo y el nivel de las napas es urgente en la región. También, la búsqueda de usos alternativos de las zonas del paisaje que se anegan cada vez con más frecuencia o se salinizan, y el diseño de paisajes que logren conservar porciones de la vegetación natural de bosques y humedales. Todos estos son caminos que pueden contribuir a regular la compleja hidrología de la llanura en un contexto de cambios climáticos que puede traer aún más sorpresas.

Campo de cultivo en Bandera, Santiago del Estero. Al fondo se aprecia el monte nativo original.

Apagando y prendiendo el ecosistema

La capacidad de los sistemas agrícolas argentinos de ir concentrando la actividad vegetal en unos pocos meses de la primavera-verano, suprimiéndola completamente el resto del año, aun cuando existen condiciones propicias para el crecimiento de las plantas, tuvo como pilar fundamental el uso masivo de herbicidas. A medida que se afianzó la supresión de malezas con herbicidas de amplio espectro (principalmente glifosato) y el uso de cultivos dotados de resistencia transgénica a ellos, se alcanzaron niveles mínimos de actividad vegetal, principalmente en el otoño, no vistos en épocas anteriores. Hoy puede observarse una estacionalidad de la vegetación más extrema y espacialmente sincrónica en sectores de cientos de kilómetros cuadrados, de una escala equivalente a departamentos enteros (ver recuadro de p. 40).

Inviernos suaves en los que las malezas pueden crecer durante los períodos intencionalmente largos de bar-



El índice verde satelital es un dato óptico del terreno obtenido por sensores remotos que orbitan la Tierra. Este índice captura el nivel de actividad vegetal relativo con valores teóricos que van de 0 a 1, pero que en la práctica asumen un rango de 0,15 (suelo desnudo) y 0,9 (vegetación muy activa con total cobertura foliar del terreno). Las curvas de índice verde ofrecen una buena estimación del consumo de agua de la vegetación y muestran cómo los niveles totales, pero sobre todo su estacionalidad, han ido cambiando rápidamente en toda la llanura cultivada. En la figura se ilustran los cambios en la dinámica estacional de la actividad de la vegetación en la llanura chaco-pampeana durante las últimas dos décadas. Se separan los períodos 2000-2004, 2005-2014, 2015-2019. La actividad de la vegetación se caracteriza con el índice verde normalizado (NDVI) obtenido de imágenes MODIS y representa el promedio de un área de 20 × 20km (6500 pixeles) para 23 intervalos de 16 días que cubren el ciclo anual. Las regiones analizadas (latitud y longitud) son en la región pampeana (a) Pehuajó (Buenos Aires) (36°S, 62°O) y (b) Justiniano Posse (Córdoba) (33°S, 63°O), en la región del espinal (c) Villa Mercedes (San Luis) (33,5°S, 65,5°O) y en la región chaqueña (d) Bandera (Santiago del Estero) (28,75°S, 62,25°O) y (e) Las Lajitas (Salta) (24,75°S, 64°O). En Pehuajó, Posse y Bandera se observa una fuerte caída de la actividad de invierno-primavera, explicada principalmente por la pérdida de pasturas y la menor presencia de cultivos de invierno, especialmente trigo. En el último quinquenio hay una recuperación parcial de la actividad de los cultivos de invierno, particularmente notable en Bandera. En Pehuajó, Bandera y Las Lajitas se observa una caída intensa en el otoño, relacionada con el reemplazo de pasturas en el primer caso y de bosques en los otros dos, por cultivos anuales de verano que terminan su ciclo cuando aún hay temperaturas apropiadas para el crecimiento vegetal y, por lo general, buena disponibilidad de agua en el suelo. Las pasturas y los bosques perennes, en cambio, extienden su ciclo hasta que las bajas temperaturas limitan el crecimiento. La época de máxima actividad vegetal se retrasó entre 30 y 90 días en Bandera y Lajitas, respondiendo a la implementación de siembras más tardías. En Villa Mercedes se observa un incremento sostenido de las actividades máximas de la vegetación, posiblemente asociada con una intensificación del ciclo de cultivo con siembras más sincronizadas en la región y mayor nivel de fertilización en el maíz.

becho han llevado a que nuestras llanuras reciban una cantidad récord a nivel global de herbicidas (ver recuadro de p. 37), a la vez que alojan una baja diversidad de cultivos. Más allá del papel que juegan los herbicidas de amplio espectro en las cuestiones de pérdida de hábitats (por ejemplo, suprimiendo vegetación del borde de lotes o de humedales adyacentes) y excesos de agua (por ejemplo, permitiendo largos barbechos que acumulan agua), su impacto como agente tóxico para los humanos y los ambientes naturales ha sido un núcleo muy importante de conflictividad para la agricultura argentina en los últimos quince años. Aun cuando la toxicidad específica de todo el elenco de agroquímicos aplicados en la llanura ha disminuido (ver el artículo de Satorre y Andrade en este número), la concentración de glifosato y sus sustancias derivadas encontrada en el ambiente (seres vivos, lluvia, suelo, sedimentos de ríos y lagunas) despierta alarmas y representa una situación extrema, posiblemente no vista a esta escala en otras regiones del mundo. Actualmente el escrutinio de las ciencias epidemiológicas y ambientales sobre el glifosato avanza. También lo hace la búsqueda de esquemas de producción alternativos que permitan reducir o evitar el uso masivo de herbicidas, motivada principalmente por la aparición de malezas resistentes que ha crecido exponencialmente en las últimos dos décadas. Ambos caminos deberían acoplarse y propiciar el desarrollo de sistemas agrícolas que generen más confianza entre la población humana con la que comparten el territorio.

¿Una fórmula mezquina?

Cabe preguntar por qué la agricultura argentina avanzó por un camino sorprendentemente austero en el uso de agua y de nutrientes, pero a la vez territorialmente expansivo y extremo en el uso de herbicidas. Se propone aquí que una de las claves posibles que marcó esta trayectoria fue la presión que tuvo el sistema agrícola por reducir costos de producción y asegurar una rentabilidad estable basada en rendimientos medios y seguros más que en la búsqueda de rendimientos máximos. Los principales sistemas productivos de granos de Europa, Norteamérica y Asia se desarrollan bajo esquemas de fuertes subsidios (ver el artículo de Lema en este número) que, desde otros sectores de la economía, buscan estimular la producción de alimentos. En algunos casos apoyan directamente el uso de fertilizantes y riego. En Asia, se ha buscado además mantener sistemas de producción familiares o incluso de subsistencia que aún hoy ofrecen un medio de vida a la mayor parte de la población. Surgen así sistemas de producción, tanto de pequeña como de gran escala, a los que podríamos llamar 'opulentos', ya que apuntan a generar rendimientos máximos a fuerza de un uso abundante, cuando no excesivo, de agua de riego y de fertilizantes. A ellos se asocian los problemas de eutrofización y agotamiento de reservas hídricas que tienen alta visibilidad global.

La Argentina, en cambio, lidera a nivel global la intensidad de gravámenes a la producción de granos. Es decir, lejos de ser subsidiada, la agricultura deja parte de su renta a otros sectores de la economía, principalmente a través de impuestos a la exportación (ver recuadro de p. 37). Este contexto, esperable en naciones agroexportadoras con elevadas ventajas comparativas en términos de calidad productiva de sus tierras, posiblemente haya favorecido lo que podríamos denominar un planteo agrícola 'mezquino' en el uso de insumos (todo lo contrario en el uso de la tierra), que ha buscado generar grano exportable con la mínima inversión privada y pública en los campos. La elección de la soja como cultivo dominante, la restricción a un ciclo único de cultivo al año en ambientes que podrían sostener dos y la apuesta a la expansión más que a la intensificación son rumbos esperables cuando se busca producir con un mínimo aporte de fertilización y riego, y cuando además existen todavía tierras con aptitud agrícola aún no ocupadas por esta actividad. Los impactos ambientales bajo esta forma de producción también difieren de los sistemas 'opulentos', como se ha ilustrado hasta aquí (ver tabla de p. 43). Cabe destacar que la aludida 'mezquindad' se plantea como un síndrome que describe la relación de la sociedad con el territorio agrícola. Dentro de los condicionamientos que imponen esas 'reglas del juego' a escala país, existen en el ámbito productivo muchísimos actores y organizaciones que generan innovaciones y transformaciones de indudable aporte al bien común del sector.

Intensificación, sustentabilidad y naturaleza ¿son compatibles?

Solo reconociendo las crisis ambientales y los contextos productivos propios de la llanura chaco-pampeana pueden visualizarse transformaciones viables y virtuosas para las próximas décadas en las que logremos simultáneamente tres funciones del territorio: producción de bienes comercializables, contribuciones al bienestar de la población local (por ejemplo, reduciendo inundaciones) y protección de la biodiversidad. Preocuparse por el consumo total de agua asociado a una unidad de producto (huella hídrica) o por la contaminación por una aplicación excesiva de fertilizantes está bien en otros contextos, pero no parece prioritario bajo nuestro esquema extensivo de producción de granos actual, en el cual so-

bra el agua y se minan las reservas de nutrientes de los suelos. Por el contrario, sí resulta fundamental aprender a producir usando menos herbicidas, evitando las pérdidas de nutrientes y conviviendo mejor con más espacios naturales y seminaturales.

Plantear un futuro en el que gradualmente se intensifique la agricultura argentina para llevarla a una condición 'opulenta' aparece como un camino posible para producir más, que requiere, entre otras cosas, un cambio en el balance de gravámenes y subsidios actual. Este camino quizá no sea deseable, ya que plantea el riesgo de reemplazar un grupo de problemas ambientales por otros, o lograr que ambos coexistan en distintas fracciones del territorio. Por otra parte, intentar solucionar los problemas ambientales más acuciantes copiando las acciones de países con agriculturas opulentas sería frustrante. ¿Puede la renta de los sistemas agrícolas argentinos costear obras de infraestructura de drenaje como las que aplica la agricultura holandesa? ¿Puede el Estado afrontar compensaciones para asignar lotes agrícolas enteros a la recuperación de ecosistemas naturales con subsidios federales como hace Estados Unidos? Bajo el contexto de una economía de base agroexportadora no parecen caminos viables en el corto plazo y las políticas que compatibilicen producción y cuidado del ambiente deben explorar opciones adaptadas a las condiciones locales.

A la intensificación 'tradicional', que han seguido los principales graneros del mundo combinando notables avances tecnológicos con incrementos en el aporte de insumos, puede contraponerse una intensificación 'ecológica'. Esta forma de intensificación busca aumentar la producción por unidad de superficie reemplazando los insumos que actualmente faltan (fertilizantes) o sobran (herbicidas) con un manejo más ingenioso que se apoye en la naturaleza, ofreciendo parte del tiempo y del espacio agrícola a ecosistemas que en vez de producir granos produzcan otros servicios ambientales. Esto incluye a los cultivos de servicios cuyo objetivo no es la producción de material cosechable, sino la mejora del ambiente productivo local a partir de efectos tales como la fijación biológica de nitrógeno del aire, el consumo de agua en tierras anegadas o la estabilización de la superficie del suelo en situaciones de riesgo de erosión. Otra vertiente para considerar es volver a integrar la producción agrícola con la ganadería basada en pasturas como forma de recuperar fertilidad en los suelos, manejar malezas y diversificar paisajes y productos. Esta modalidad, que era corriente en toda la llanura pampeana hasta la década de 1990, lejos de reeditarse en forma idéntica, requiere nuevos planteos y actores en una región en la que el stock ganadero y el personal e infraestructura capaces de sostenerlo se han retraído fuertemente. También suma en este sentido la inclusión de áreas naturales y seminaturales intercaladas en el paisaje agrícola para alojar polinizadores y organismos controladores de plagas,

Lotes agrícolas sujetos a intensificación ecológica en Iowa, Estados Unidos. Distintos cultivos comparten el 10% del paisaje con franjas de pastizales naturales y áreas de escurrimiento vegetadas. Estas áreas aportan beneficios a los cultivos, al suelo y a los cursos de agua y las poblaciones de especies silvestres. Foto Omar de Kok-Mercado.

	MEZQUINDAD	OPULENCIA	INTENSIFICACIÓN ECOLÓGICA
PERFIL PRODUCTIVO			
Estrategia	Minimizar costos, estabilizar márgenes, aumento de escala (integración horizontal)	Maximizar y estabilizar ingreso y/o producción, aumento de productividad	Incrementar productividad reemplazando insumos externos por componentes internos que prestan servicios
Uso de recursos externos	Baja	Alta	Baja
Pilares de la producción	Herbicida y cultivo resistente, minería del suelo	Muy alto aporte de riego y fertilizante	Biodiversidad a distintas escalas (incluye cultivos de servicios, inóculo de organismos del suelo, parches de vegetación natural, protección de polinizadores)
Complejidad de manejo	Baja	Baja	Alta
Productividad	Media. Menor estabilidad	Muy alta. Mayor estabilidad	Alta. Mayor estabilidad
CONTEXTO PREDISPONENTE			
Territorial	Disponibilidad de tierra cultivable, frontera en expansión	Limitación de tierra cultivable, restricciones a la expansión	Creciente degradación de tierras y necesidad de recuperar productividad a bajo costo
Económico	Base agroexportadora. Agricultura como fuente de divisas	Base industrial. Agricultura como base de seguridad/poderío alimentario, medio de vida de la población	Demanda de productos y formas de producción con menor impacto ambiental local (e.g. hábitat) a global (e.g. emisiones)
Fiscal	Gravámenes del Estado	Subsidios del Estado	Al margen del nivel de subsidio/gravamen, mecanismos de redistribución intrasectorial de renta agrícola hacia servicios ambientales y conservación
PERFORMANCE AMBIENTAL			
Hidrología	Exceso hídrico por aprovechamiento subóptimo de lluvias. Pérdida de tierras por anegamiento y salinización.	Déficit hídrico por sobreexplotación de ríos y acuíferos, desecamiento de ecosistemas acuáticos	Uso óptimo de las lluvias, regulación hidrológica activa
Suelos - erosión	Riesgo alto por cultivos de producción con baja cobertura	Riesgo medio por cultivos de producción con alta cobertura, riesgo alto en sistemas con alta apropiación de biomasa (e.g. India)	Riesgo bajo por cultivos de producción + servicios y zonas naturales de alta cobertura
Suelos - materia orgánica	Aporte bajo, por baja intensidad de cultivo.	Aporte medio por alta intensidad de cultivo, aporte reducido en sistemas de alta apropiación de biomasa (e.g. India)	Aporte alto por cultivos de servicio y áreas naturales
Suelos - fósforo	Baja fertilización, minería del suelo	Alta fertilización y contaminación	Reducción de pérdidas a través de cultivos de servicio y otras prácticas
Suelos - nitrógeno	Baja fertilización, minería del suelo, preferencia por cultivos que fijan N	Alta fertilización y contaminación	Reducción de pérdidas y fijación a través de cultivos de servicio y otras prácticas
Emisiones invernadero	Emisión de CO_2 por pérdida de materia orgánica. Bajo costo energético Bajas emisiones de CH_4, emisiones medias de N_2O	Emisiones de N_2O por sobrefertilización Emisiones de CH_4 en arrozales. Alto costo energético	Emisiones negativas de CO_2 por recomposición de material orgánica. Bajas emisiones de N_2O por predominio de fijación. Bajo costo energético
Hábitat natural	No se reconoce su valor funcional.	No se reconoce su valor funcional	Provisión de servicios que aumentan la cantidad, calidad y/o estabilidad de la producción agropecuaria
CASOS	Producción de granos en Argentina, este de Bolivia, Uruguay	Producción de granos en Estados Unidos, Francia, India, China	Iniciativas como *cover crop coaching* (Estados Unidos), 'planes de uso y manejo de suelos' (Uruguay), 'asociación europea para la agroecología' (Unión Europea), retribuciones por 'buenas prácticas' (provincia de Córdoba)

Síndromes de agricultura 'mezquina', característico de economías agroexportadoras con fuertes gravámenes, y 'opulenta', típicos de países con fuertes subsidios a la producción de grano. Se suma una columna para la 'intensificación ecológica', propuesta como camino superador del síndrome de 'mezquindad' capaz de incrementar la producción atendiendo al contexto local y abordando, a la vez, los problemas ambientales más importantes identificados aquí. Para cada síndrome se destacan las características del perfil productivo, del contexto predisponente y de su desempeño ambiental.

para detener el poder erosivo del agua o el viento, o para regular inundaciones y crecientes. Este tipo de intensificación tiene como pilar el conocimiento de procesos naturales y el aprovechamiento explícito de la diversidad desde el surco al paisaje entero. En contraposición a la tecnología de insumos característica de la intensificación 'tradicional', este camino requiere la integración de saberes provenientes de distintas ciencias y sectores que van más allá de la agronomía, algo que puede definirse como 'agroecología'. Este término, más allá de controversias políticas, apunta al desarrollo de una creciente habilidad para manejar sistemas complejos en el terreno, tanto en el caso de los agricultores y las empresas como en el de los Estados, que deben colaborar en una gestión de la producción que abarca escalas espaciales mayores que las del lote o campo (ver tabla de p. 43).

Los caminos que aprovechen los beneficios múltiples que la naturaleza ofrece a los cultivos y a los habitantes humanos y no humanos de la llanura parecen ser una opción disponible. Más allá de requerir políticas explícitas que estimulen estas transformaciones, se requiere un cambio de actitud hacia nuestras todavía fértiles llanuras que involucre a la sociedad en su conjunto, incluyendo las distintas estructuras de gobernanza de la tierra y del comercio agrícola. Es útil destacar el notable dinamismo de los sistemas agrícolas chaco-pampeanos en respuesta a las políticas recaudatorias del gobierno nacional, evidenciado por la recuperación parcial de la cobertura vegetal de invierno-primavera en varias zonas tras la eliminación de las restricciones a la exportación de trigo (ver recuadro de p. 40). También es importante considerar que más allá de la política de gravámenes o subsidios a la producción que se apliquen, incentivos dirigidos a insumos específicos, como la fertilización de reposición de fósforo, son intervenciones que merecen consideración. Necesitamos una nueva aproximación a la producción de granos que se aleje de la estrategia extractiva y de baja inversión, y que favorezca acuerdos de convivencia entre campos, pueblos y ciudades, a los que la economía, el agua y tantos otros hilos invisibles mantienen inexorablemente conectados. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AGUIAR S *et al.*, 2018, '¿Cuál es la situación de la Ley de Bosques en la región chaqueña a diez años de su sanción? Revisar su pasado para discutir su futuro', *Ecología Austral*, 28, 2: 400-417.

CRUZATE GA y CASAS R, 2012, 'Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina', *Informaciones Egronómicas de Hispanoamérica*, 6: 7-14.

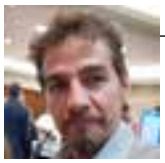
FERNÁNDEZ RJ, RUSH P y PLENCOVICH MC, 2019, 'Agroecología y agricultura industrial: ¿dos culturas irreconciliables?', *Agronomía & Ambiente*, 39, 2: 68-94.

JOBBÁGY EG y SALA OE, 2014, 'The imprint of crop choice on global nutrient needs', *Environmental Research Letters*, 9, 8: 084014.

JOBBÁGY EG, NOSETTO MD, GIMÉNEZ R y MERCAU JL, 2019, 'El (dis)servicio de la regulación hídrica en la llanura chaco-pampeana', en Paruelo JM y Laterra P (eds.), *El lugar de la naturaleza en la toma de decisiones*, CICCUS, Buenos Aires, pp. 212-221.

Esteban G Jobbágy
Doctor en biología, Duke University, Estados Unidos.
Investigador superior del Conicet en Grupo de Estudios Ambientales, IMASL-UNSL.
jobbagy@unsl.edu.ar

Sebastián Aguiar
Doctor en ciencias agropecuarias, Escuela para Graduados Alberto Soriano, EPG, FAUBA.
Becario posdoctoral del Conicet en el Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección, IFEVA-FAUBA.
Ayudante de primera, FAUBA.
aguiarse@agro.uba.ar



Gervasio Piñeiro
Doctor en ciencias agropecuarias, EPG, FAUBA.
Investigador principal del Conicet en IFEVA-FAUBA.
Profesor adjunto, FAUBA.
Profesor titular, Facultad de Agronomía Udelar, Uruguay.
pineiro@agro.uba.ar

Lucas Garibaldi
Doctor en ciencias agropecuarias, EPG, FAUBA.
Investigador principal del Conicet.
Director del Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural, IRNAD-Conicet, en la Universidad Nacional de Río Negro.
lgaribaldi@unrn.edu.ar

Roberto Bisang
Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP),
Facultad de Ciencias Económicas, UBA-Conicet

Las transformaciones de la agricultura en los últimos años

Cambia, todo cambia

Con sorpresa se observa que una actividad catalogada históricamente como 'tradicional' evidencia, en décadas recientes, un formidable cambio en su estructura productiva.

El nuevo paisaje responde a múltiples causas, todas en interacción. La irrupción de los países asiáticos (con sus propios hábitos de consumo), el uso creciente de los biocombustibles, la difusión global de la moderna biotecnología sumada a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) aplicadas al agro y los crecientes resguardos ambientales configuraron un escenario externo de constante desafío para un país como la Argentina cuyo eje económico radica en los recursos naturales. Estos impulsos fueron tamizados localmente por la aplicación de una multiplicidad de políticas públicas internas –generales y sectoriales– que dieron forma al escenario donde los productores desplegaron sus propias estrategias (proactivas o reactivas). Si a ello le sumamos las inercias y los tiempos propios del agro –desde los ciclos cortos de las hortalizas a las etapas largas de madurez de los viñedos o de los bosques artificiales–, el resultado fue un ámbito donde se produjeron en el sector cambios en su estructura, comportamiento, resultados y relación con el resto de la economía.

¿Qué pasó en el agro argentino?

La actividad agraria exhibió, en las últimas dos décadas, un dinamismo que movilizó la economía en su conjunto y desde distintos ángulos. Pasar de producir 65 millones de toneladas anuales a inicios del siglo a las más de 138 millones actuales tuvo varios efectos: i) impulsó el crecimiento del valor agregado (VA) de una treintena de cadenas agroindustriales en 35,7% entre 2001 y 2018; ii) insufló divisas adicionales a la economía, lo que facilitó un ciclo de

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los cambios que el sector ha experimentado en los pasados quince años desde el punto de vista económico y productivo.

crecimiento –la participación en las exportaciones pasó del 45% en 2002 al 65% en 2017–, y iii) extendió el rango y la densidad de las actividades, desde los insumos sofisticados hasta las bioenergías, incluyendo el turismo rural y la transformación de granos en carnes y derivados, aumentando su efecto multiplicador sobre el tramado productivo.

Emulando a los adolescentes, el 'estirón' no fue homogéneo ni exento de tensiones: hubo reacomodamiento de sectores tradicionales (carnes bovinas, lácteos, uvas, olivos, caña de azúcar), irrupción de otros (oleaginosas, frutos finos, forestación, carnes aviares y porcinas, biodiésel), modificaciones en el perfil de productores y nuevos temas de agenda. Con justa razón, cobró fuerza el capítulo de la sustentabilidad ambiental. Cambió la estructura, su comportamiento y rendimiento poniendo en tela de juicio algunos mitos: en un contexto macroeconómico altamente inestable, el sector que no mirábamos –el agro ampliado– pasó a generar entre 2,2 y 3,7 millones de puestos de trabajo de acuerdo con datos censales, explicar el 65% de las exportaciones, aportar el 10% de la oferta de combustibles, tener un rol decisivo en las economías provinciales y destacarse tecnológicamente al achicar significativamente su brecha productiva respecto de los líderes mundiales. Por ejemplo, los rendimientos por hectárea en maíz, soja y trigo son similares a los de los Estados Unidos, el Brasil y el Canadá.

Dice la literatura académica que 'desarrollo' es sinónimo de cambio de estructuras: eso sucede con el agro local. Tempranamente se estatuyó –de la mano de los bisabuelos inmigrantes y junto con el mate, el dulce de leche y el asado– el concepto de 'agropecuario' como un modelo de producción combinatorio entre agricultura y ganadería en una unidad productiva equilibrada. Se trataba de productores de variados tamaños altamente integrados, con máquinas y equipos propios, mano de obra preponderantemente familiar y escasos requerimientos externos de insumos; ergo, su efecto multiplicador sobre el resto de la economía era pobre. Sobre esa base, las mediciones tradicionales indicaban que el VA de la ganadería, especialmente la de origen bovino, era similar al de las producciones agrícolas (con predominio del maíz, el trigo y el sorgo).

Los cambios recientes, basados en la consolidación de un paquete tecnológico y organizativo que revolucionó la apatía agrícola, con sus pros y sus contras, hicieron mutar la estructura sectorial. A poco de consolidarse las oleaginosas como cultivo relevante, se instalaron complejos de molienda con sus facilidades logísticas y de transporte asociadas y, casi simultáneamente, aparecieron los complejos de biocombustibles. Irrumpió la ganadería de confinamiento con engorde a corral, diferente de los planteos extensivos a campo, se transformó la industria aviar y, más recientemente, resurgió el complejo ganadero bovino y porcino.

En todo esto subyace una incipiente tendencia hacia la especialización: va separándose la agricultura de la ganadería; el concepto 'agro-pecuario' incuba, ahora, intereses y actores no siempre concurrentes: agro por un lado y pecuario por otro, que es algo más que un guion de separación, implica un cambio profundo. Visualmente hay campos de cultivos (sin alambrados) y campos ganaderos separados como unidades autónomas. En conjunto caminamos hacia un claro predominio agrícola sobre las ganaderías de carne y leche.

Composición de las actividades 'agro-pecuarias', Argentina 2001 y 2018
(a precios corrientes de 2018 y porcentajes)

CADENAS AGROINDUSTRIALES	2001		2018	
	Valor bruto de producción (VBP)	%	Valor bruto de producción (VBP)	%
Cadenas agrarias	**44.603.761.102,3**	**59,04**	**76.681.459.932,2**	**68,09**
Cadenas agrarias anuales (1)	37.228.942.984,3	49,28	68.264.233.743,4	60,61
Cadenas agrarias perennes (2)	7.374.818.118,0	9,76	8.417.226.188,8	7,47
Cadenas pecuarias (3)	**30.947.133.113,0**	**40,96**	**35.941.761.775,6**	**31,91**
TOTAL	**75.550.894.215,4**	**100,00**	**112.623.221.707,8**	**100,00**

(1) Comprende ajo, algodón, arroz cebada, colza, girasol, maíz, maní, papa, soja, sorgo, tabaco, tomate y trigo.
(2) Comprende **berries**, caña de azúcar, forestal, limón, olivo, peras y manzanas, té, uva, yerba mate y cítricos.
(3) Comprende bovinos, aves, caprinos, lácteos, miel, porcinos y ovinos.
Elaboración propia basada en datos de LÓDOLA A, MORRAS F y PICON N (2019), *Cadenas de valor agroalimentarias: evolución en el nuevo contexto macroeconómico 2016/2018*, Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Buenos Aires.

Las actividades pecuarias eran del orden del 40% del valor bruto de producción (VBP) a principios de los años 2000, mientras que quince años más tarde superaba levemente el 30%. En su composición ganan relevancia las producciones aviares e, incipientemente, las porcinas, a la vez que retrocede sustantivamente la ovina. Los cambios se acompasan con el consumo dado que –manteniendo los casi 120kg promedio de carnes ingeridas– 56 son de origen bovino, 45 aviares y 17 porcinos… ¿rebelión parrillera en ciernes o cambio en la dieta?

En contrapartida, se revela el dinamismo agrario y se advierte la relocalización de la agricultura pampeana hacia nuevas latitudes; aproximadamente dos tercios de las expansiones agrícolas corresponden a las provincias consideradas no pampeanas; sorprende que actualmente la superficie agrícola implantada en Santiago del Estero, Chaco y Salta en forma conjunta supera a Santa Fe y es, aproximadamente, la mitad de Buenos Aires. Los cultivos perennes, que explicaban casi 10% en 2001, decrecen un par de puntos en la medición de 2018.

Alerta metodológica: 'lo pampeano' se extiende como práctica productiva hacia las 'economías regionales'. Ocurrió que los cultivos anuales se mostraron muy dinámicos: la producción de 67,3 millones de toneladas registrada a inicios del siglo pasa a 138,9 en el lapso de 18 cosechas, mientras que no hubo variaciones similares en la superficie; sorprendentemente, la clave está en el cambio de conducta tecnológica del sector. Según datos preliminares del Censo 2018, en igual lapso, la superficie implantada total varió de 33,4 a 37,4 millones de hectáreas. Apuntemos algunos cambios al interior de los granos: i) el peso del complejo sojero –incrementa su presencia del 23 al 32% del VBP–; ii) el complejo maicero, si bien crece en participación, lo hace a un ritmo menor que el sojero; iii) la menor relevancia de la actividad triguera, y iv) la concentración de las actividades en unos pocos complejos frente al escaso predicamento de actividades de alto potencial (sorgo, canola, arroz, algodón, etcétera).

El campo ampliado

Además de cultivos y ganaderías se suman –con rasgos disruptivos– las bioenergías y las transformaciones de biomasas en origen, o sea granos, fibras y desechos, en bienes de mayor elaboración como carnes y productos industriales.

Los biocombustibles tienen distintas rutas productivas asociadas a la molienda de cereales, especialmente el maíz, oleaginosas (soja y girasol) y caña de azúcar. En un primer paso la molienda húmeda del maíz deriva en alcohol (posterior etanol), burlanda (altamente proteica), dióxido de carbono (pasible de captura y para uso como insumo) y vinaza (desechos varios). En el caso de las oleaginosas el proceso –a distintas escalas– arranca con molienda (extrusado y/o extracción por solventes) que da como subproductos la harina de soja, el aceite crudo (posterior biodiésel) y el glicerol (base para la glicerina). En materia cañera, la molienda abre el camino para la ruta de azúcar, el alcohol, y deja como subproducto el bagazo; diversos pasos posteriores de elaboración desembocan en etanol y azúcar refinada. El biogás –metano derivado de fermentaciones biológicas– implica múltiples pasos que arrancan con la captura de biomasas (residuos de cosecha de maíz, trigo, podas, bosta, purines), continúa con su ingreso a biodigestores para fermentación bacteriana y concluye con el uso del metano resultante como energía o su transformación en electricidad.

Se inicia otro cambio estructural: el 'campo' –además de producir alimentos– comienza a convertirse en un yacimiento de generación de materia prima energética: ¿Vaca Viva Verde? La producción de biodiésel pasó de 225 a 2500 millones de litros desde 2007 a 2019, mientras que la de etanol trepó de 125 a 1100 millones de litros desde 2010 a hasta 2019. Estimaciones recientes indican que entre el 4 y el 5% del valor agregado de las cadenas de la soja, el maíz y la caña de azúcar provienen de las bioenergías. Cotidianamente no advertimos que 1 de cada 10 litros de combustible que cargamos en el surtidor proviene del agro.

Agregar valor en origen es una estrategia empresarial centrada en la industrialización de su propia materia prima a escala media o baja. Se trata de empresas medianas, ubicadas mayoritariamente en la región central del país, que basan sus operatorias en ciertas excelencias tecnológicas y que –ante la restricción en la oferta de tierras que les impiden expandirse horizontalmente– apelan a sumar valor a sus producciones. La alternativa más factible es una estrategia de industrializar granos en sus lugares de origen como paso previo a las ganaderías y/o los biocombustibles. Datos recientes indican la presencia de 552 plantas de alimentos balanceados, poco más de 200 extrusoras de soja y una decena de minidestilerías de maíz valorizadas bajo diversos modelos de negocios. Una perspectiva más amplia indica la existencia de alrededor de 25.800 productores –aproximados por el concepto de **explotación agropecuaria (EA)** de los censos– que agregan valor a su actividad original; la presencia de un millar de fraccionadores de miel, 3066 envasadoras de aceitunas, 2032 deshidratadoras de frutas y legumbres, 2491 fabricantes de embutidos y chacinados, una cifra similar de curtidos de cueros y talabarterías y unos 480 aserraderos da cuenta de ello. Y para descansar –de cifras y áridos conceptos–, existen 1449 establecimientos dedicados al turismo rural en las propias EA.

Don Zoilo 3.0 Plus

Este moderno productor captura energía libre, produce biomasa usando alta tecnología y después hace '*cracking* industrial' de granos, animales y foresta para obtener alimentos diferenciados, bioenergías e, incipientemente, algunos biomateriales. Y sin haber leído al padre de la bioeconomía, Nicolás Georgescu-Roegen, aplica la segunda ley de termodinámica al proceso bioproductivo. Captura energía libre, la transforma en diversos productos, derivados y desperdicios y valoriza desechos –convirtiéndolos en insumos productivos–, antes de retornarla a la naturaleza en escalas temporales compatibles con la vida humana. Esta sofisticación tecnoproductiva y organizacional indica el poco sustento de la expresión 'sector primario' para esta actividad; en algunos campos lentamente el galpón es reemplazado por la instalación industrial y en ciertos 'cruces de ruta' aledaños a los pueblos la cartelera de señalización vial se difumina ante la policromía de la 'periferia agroindustrial'.

¿Quién es Don Zoilo 3.0 Plus? Con matices, el agro comenzó a organizarse como una red flexible dedicada a las diversas producciones que tienen como epicentro el uso de la tierra. Sin dejar de reconocer la existencia de un segmento 'tradicional' de productores en vías de cambio, la actual 'geometría variable del sujeto agrario' se basa en tres pilares: i) la escisión entre la propiedad de la tierra y su acceso para la producción por parte de terceros bajo el mecanismo de contratos diversos; ii) la subcontratación masiva de labores, y iii) el creciente uso de insumos industriales especializados.

Dinámicamente, la empresa de producción agropecuaria accede a la producción sobre la base de tierras propias o de terceros, subcontrata parte de las actividades a una multiplicidad de oferentes de servicios agropecuarios y se abastece de insumos y tecnologías de la red industrial de proveedores. A esto se suman otros servicios de cierta relevancia como la financiación propia o de terceros, el transporte, el asesoramiento y otros. La figura, además, grafica la composición del campo ampliado: desde los insumos a la góndola pasando por el transporte, el almacenamiento e incluyendo el surtidor.

Este modelo de organización tiene mayor predicamento en las producciones anuales, pero se ha ido difundiendo hacia la ganadería, la lechería y la industria forestal con variada intensidad. ¿Qué ocurrió en los últimos años con este modo de funcionamiento?

La propiedad es la forma predominante de acceso a la tierra en todo el país (69%). Sin embargo, la tendencia hacia ingreso vía alquileres creció: mientras que en 2001 el 11% de la superficie total sujeta a explotación era trabajada por terceros, en 2017 subió al 21%. Datos desagregados para las provincias preponderantemente agrícolas indican valores aún superiores: Córdoba 55%, Entre Ríos 38%, Santa Fe 31%. Se consolida la agricultura sobre tierras de terceros siguiendo una tendencia de varias décadas.

¿Cuántos son? Los datos censales para 2018 indican que hay 228.375 EA (cuando eran 297.425 en 2002), o sea, una amplia base empresaria en proceso de reconversión. Los datos agregados –para todas las provincias y tipos de producciones– señalan que existen 12.500 EA de más de 5000 hectáreas que deciden sobre el 86% de la superficie agropecuaria; en el extremo opuesto, poco más de 124.000 EA de menos de 100 hectáreas controlan 3,5 millones de hectáreas (2,9% de la superficie productiva).

Poniendo el foco en la decena de provincias donde predominan los cultivos anuales (Buenos Aires, Entre Ríos, Chaco, Córdoba, Santa Fe, La Pampa, San Luis, Santiago del Estero, Salta y Tucumán), hay 6500 productores que cultivan más de 2500 hectáreas y cubren el 59% de las tierras agropecuarias; en esta decena de provincias, solo 230 explotaciones agropecuarias controlan –individualmente– más de 20.000 hectáreas. El grueso de las EA es controlado por personas humanas (poco más de 211.000), mientras que sociedades anónimas (13.050) y sociedades de hecho (11.620) le siguen en importancia; se registran 225 fideicomisos y fondos de inversión que controlan una parte menor de la superficie explotada –menos de 300.000 hectáreas–.

El conjunto revela una gran diversidad de evoluciones respecto de hace dos décadas: si el foco se ubica en aquellos del estrato superior, hay un peso relativo menor de las grandes explotaciones (los míticos **pooles de siembra**, fideicomisos y fondos de inversión) a favor de otras de porte mediano-grande. La tendencia es concomitante, con un aumento en la superficie promedio nacional (que pasó de 587 a 690 hectáreas).

La subcontratación de labores se ha tornado una práctica extendida y habitual a punto tal que se contabilizan 31.312 contratistas exclusivos (sin tierras) a los que cabe adicionar 10.573 que son EA y, además, prestan servicios. El fenómeno es particularmente intenso en algunas actividades como la **siembra directa** (40,4% de la superficie total), fertilización y fumigaciones (56%), reservas forrajeras (52%) y cosecha mecanizada (62%) de cultivos; estos porcentajes promedio para todo el país y tipos de producciones se elevan en provincias intensivas en cultivos anuales. Existen más de un centenar de empresas de servicios especializados de alta tecnología –las Ag Tech– como base de la denominada agricultura de precisión; concurrentemente existen 9478 EA que desarrollan estas prácticas.

Dinamismo tecnológico y financiero anima al bloque de oferentes de insumos agropecuarios, donde reflejando las tendencias internacionales se verifica una creciente concentración en las ofertas de semillas y otros insumos

El nuevo campo

* VAO: empresas productoras de valor agregado en origen.

Elaboración propia.

(semillas alógamas, y algunos fertilizantes y herbicidas). Es otra de las partes del 'agro ampliado'.

Un par de décadas implementando y consolidando diversos cambios tecnoproductivos y empresariales dan como resultado la consolidación de un modelo de producción altamente complejo y diverso. Hay muchos 'campos y Don Zoilos', pero aun en la heterogeneidad el agro ampliado es hoy alimentos, energías e, incipientemente, biomateriales en actividades que entrelazan 'lo biológico' con la industria y los servicios de mediana y alta complejidad. Económicamente esta estructura amplifica su efecto multiplicador sobre el conjunto de la economía. Laboralmente un 'campo ampliado' –en términos de productos–, una 'geometría variable' –de contratos de labores, insumos y tierras y agentes económicos– más la expansión de la producción consolidan una clara tendencia: mucha gente vive del campo, pero menos gente vive en el campo. Tecnológicamente, es una actividad altamente dinámica y no alejada de los estándares internacionales. Empresarialmente es una red con diversos bloques –desde dueños de tierras hasta proveedores de insumos de alta tecnología– entrelazada por una multiplicidad de contratos que disputan la distribución de los excedentes a dos niveles: con la sociedad –mediada por el Estado– y al interior de la propia red.

Y un esperanzador paso al futuro: el 'campo ampliado' deja de ser un sector 'primario' para convertirse –junto con un puñado de otras actividades– sobre la base de una –prometedora y factible– estrategia de desarrollo para la Argentina del siglo XXI centrada en la bioeconomía. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BISANG R y TRIGO E, 2019, *Bioeconomía argentina: modelos de negocios para una nueva matriz productiva*, Bolsa de Cereales de Buenos Aires-Minagri, Buenos Aires, accesible en *www.grupobioeconomia.com.ar/wp-content/uploads/2018/07/publicacion-Bioeconomia-bisang-trigo.pdf*

LACHMAN J, BISANG R, OBSTCHATKO E y TRIGO E, 2020, *Bioeconomía: modelo de desarrollo para la argentina del siglo XXI. Impulsando a la bioeconomía como modelo de desarrollo sustentable: entre las políticas públicas y las estrategias privadas*, San José de Costa Rica, IICA, accesible en repositorio.*iica.int/bitstream/handle/11324/12478/BVE20108164e.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

LÓDOLA A, MORRAS F y PICON N, 2019, *Cadenas de valor agroalimentarias: evolución en el nuevo contexto macroeconómico 2016/2018*, Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Buenos Aires, accesible en *www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cadenasagroalimentarias-febrero2020.pdf*

Roberto Bisang
Máster en Economía, Centro de Estudios Macroeconómicos de la Argentina (CEMA).
Profesor titular, Instituto Interdisciplinario de Economía Política, Facultad de Ciencias Económicas, UBA-Conicet.
Investigador en CONEAU A1.
robertobisang@gmail.com

Guillermo Neiman
Centro de Estudios e Investigaciones Laborales (CEIL), Conicet

La cuestión social en el campo: aproximación a un balance de las últimas décadas en la Argentina

Realizar un balance social de lo ocurrido durante las últimas dos décadas en el medio rural en general, y en la actividad agraria en particular, de la Argentina resulta una tarea necesaria y compleja a la vez. Es necesaria porque la intensidad de algunos cambios en el sector, como la adopción de nuevas tecnologías, la organización de la producción y la estructura agraria propiamente dicha, ha ocasionado efectos que deben estudiarse. Sin embargo, el impacto de estas transformaciones no es lineal. En principio, el medio rural atraviesa otros procesos que no se relacionan estrictamente con lo que acontece en la actividad, por ejemplo, la difusión de otras actividades no agrarias o la creciente articulación con el medio urbano.

Por otra parte, es compleja porque la situación social del campo muestra una heterogeneidad estructural donde las diferencias geográficas, de escalas y tipos de productores, de producciones y de otros sujetos sociales involucrados –como los trabajadores y otros agentes– deben ser consideradas. Igualmente debe compararse el medio rural con el urbano para alcanzar una mejor comprensión social de su población.

Este artículo se organiza en torno de tres ejes:

- la dinámica poblacional, especialmente en lo que hace a la evolución y composición de la **población rural**;
- el acceso a la educación y a la salud por parte de la población rural y las brechas entre el campo y la ciudad, y
- el trabajo agrario, incluyendo su composición, las estrategias de la demanda y el funcionamiento actual de los mercados de trabajo.

Población y estructura agraria

La tendencia histórica a la declinación absoluta y relativa de la población rural en la Argentina –definida co-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un balance de las transformaciones en la estructura social del campo durante las últimas décadas.

mo aquella que vive en localidades con menos de 2000 habitantes y de manera dispersa, vinculada o no a la actividad agraria– se mantiene en la primera década de este siglo. Según el último Censo Nacional de Población y Viviendas de 2010 del INDEC, la proporción de la población rural sobre la población total del país se ubica por debajo del 10% y registra una caída de algo más de 200.000 personas para el período. Este despoblamiento de las zonas rurales y de pequeñas localidades es el resultado de distintos procesos, como la concentración de la tierra y de la producción que afecta principalmente a los pequeños y medianos establecimientos, la tendencia general a la disminución de la demanda de trabajo y a las condiciones y exigencias de las ocupaciones, y el limitado acceso a servicios y oportunidades en el medio rural.

De cualquier manera, una particularidad de la distribución de la población rural a nivel nacional es que se mantiene mayoritariamente localizada de forma dispersa (alcanzando a dos tercios del total), aun cuando la población rural agrupada aumenta ligeramente incluso en términos absolutos entre 2001 y 2010.

La presencia de diferencias provinciales es otra constante de la ruralidad en la Argentina, sea por efecto de diferentes matrices históricas, pero también como consecuencia de transformaciones recientes. Por ejemplo, para el total de la provincia de Buenos Aires en 2010 menos del 3% de la población es rural, con una composición en la que se destaca una proporción mayoritaria que vive en forma agrupada. En cambio, para la provincia de Misiones, 1 de cada 4 habitantes de la provincia vive en el área rural pero, además, el 80% de estos se localizan de manera dispersa.

Una mirada diferente de la dinámica poblacional consiste en considerar la población viviendo en forma estable en los establecimientos agropecuarios. En este caso, basado en los censos nacionales agropecuarios de 2002 y 2018, resulta que la población total que reside en los establecimientos se reduce 40,5% (equivalente a 500.000 personas menos). La caída en el número de establecimientos, el cambio tecnológico ahorrador de trabajo y la organización del trabajo con mayor presencia de **tercerización** de tareas emergen como causantes principales de ese movimiento.

Entre ambas fechas prácticamente hay una persona menos por establecimiento que se completa con una caída del 24,7% en la cantidad de establecimientos en 2018 (cercana a 70.000 unidades menos) en comparación con 2002 y un crecimiento relativo similar de la superficie media que pasa de 583 a 708 hectáreas (explicado principalmente por la desaparición de unidades de base familiar). En este caso, son estrictamente las áreas rurales dispersas las que se ven afectadas.

Los comportamientos provinciales a nivel de la estructura agraria y de la población también muestran resultados contrastantes: por ejemplo, la superficie media por establecimiento en Misiones se mantiene prácticamente invariable (76 hectáreas en 2002 y 80 hectáreas en 2018) con 3,7 personas por establecimiento para 2018; en Buenos Aires la superficie media se incrementa 30% (de 504 a 648 hectáreas), con un promedio de 2,5 personas por establecimiento.

Este proceso se complementa con otra evidencia de importancia: la ruralidad dispersa del país se explica cada vez más por la presencia de trabajadores y sus familias, que llegaron a casi un tercio como promedio nacional en 2018, aunque también en este caso con situaciones heterogéneas. En la provincia de Buenos Aires la mitad de la población en establecimientos corresponde a asalariados y sus familias, mientras que en Misiones esa proporción es inferior al 10%.

Lugar de residencia	2001	2010
Rural agrupado	31,9 (1.222.533)	36,3 (1.307.701)
Rural disperso	68,1 (2.604.647)	63,7 (2.292.063)
Rural (total)	10,6 (3.828.180)	9,1 (3.599.764)

Población rural en porcentajes del total de población y población rural agrupada y dispersa en porcentajes del total de población rural, 2001 y 2010. Total del país.
INDEC, censos nacionales de población y viviendas, 2001 y 2010.

	2002	2018	Variación porcentual
Cantidad de establecimientos*	333.533	250.881	-24,7
Superficie media de los establecimientos (hectáreas)**	583	708	+21,4
Personas residiendo en los establecimientos*	1.233.589	732.986	-40,5
Personas por establecimiento*	3,7	2,9	-21,6

Cantidad y superficie media de los establecimientos agropecuarios y población con residencia en ellos, 2002 y 2018. Total del país.
* Incluye establecimientos con y sin límites definidos y mixtos.
** Solo para establecimientos con límites definidos.
INDEC, censos nacionales agropecuarios, 2002 y 2018.

Sin duda, estas diferencias poblacionales en general y, como se verá más adelante, las relativas al trabajo en particular se correlacionan con los modelos socioproductivos vigentes en cada jurisdicción, con un polo compuesto mayoritariamente por empresas tecnificadas que desarrollan producciones extensivas (agricultura y ganadería vacuna) y otro con unidades productivas de base familiar con producciones regionales intensivas de renta y para el autoconsumo de los hogares.

Condiciones sociales y brechas rural-urbanas

El examen de algunas de las condiciones sociales de la población rural –en este caso, el acceso a la educación y a la salud– permite considerar la incidencia de algunas características propias del medio, la relación de esas condiciones con los cambios productivos y también reconocer las diferencias entre el campo y la ciudad.

En el caso de la situación educativa rural, aun en un contexto de mejora de varios indicadores relativos al nivel general de escolarización de la población rural, emergen importantes diferencias con el sector urbano. Todavía en 2010, un cuarto de la población rural mayor de quince años no había completado el nivel primario (incluyendo el segmento sin instrucción), si bien en 2001 esa condición superaba el tercio de ese mismo grupo. El avance en la escolarización primaria lleva incluso a acercarse a la de las áreas urbanas; el acceso a la educación secundaria en las ciudades, sin embargo, alcanza a triplicar el de las zonas rurales. También en este caso, la población rural dispersa apenas accede a la educación de nivel medio.

Otro indicador importante sobre las condiciones sociales de la **población rural** refiere a la presencia de cobertura de salud (a través de obra social, prepaga o de otro tipo). En primer lugar, vemos una situación desfavorable para la población con residencia rural frente a la población urbana.

Considerando los dos últimos censos de población, si bien es posible identificar una mejora para todos los grupos de población medida en términos de la cobertura en salud, la brecha entre la ciudad y el ámbito rural se mantiene en niveles similares, pero también hacia el interior del mismo espacio rural. Entre la población rural, el segmento mayoritario con localización dispersa es el que presenta los déficits más significativos, si consideramos que todavía en 2010 algo más de la mitad de aquella población no tenía acceso a cobertura de salud.

Otras limitaciones de orden cultural, recreativo, de vivienda o de transporte están presentes en las áreas rurales y con diferencias importantes con el medio urbano, que terminan incidiendo en los desplazamientos rural-urbanos, particularmente en los segmentos más jóvenes, aunque esta movilidad no implica una mejora automática de sus condiciones de vida.

Los cambios en el trabajo agrario

Aun considerando las conocidas dificultades para su cuantificación –por las características de la actividad, las limitaciones de los instrumentos de relevamiento y también por efecto de la subdeclaración de los propios empleadores–, hay evidencia firme para percibir una continua declinación del número de personas ocupadas en la actividad. Tal como ya fue señalado para dar cuenta de lo que sucede con la población rural, hay varias causas que explican esa tendencia y que además terminan afectando a segmentos específicos de la mano de obra del campo.

Sin embargo, para el análisis particular de la demanda y oferta de trabajo se deben considerar algunas condiciones que matizan y también complejizan lo dicho. Por

Población (lugar de residencia)	Sin instrucción y primaria incompleta	Primaria completa y secundaria incompleta	Secundaria completa y más	TOTAL
Urbano				
2001	15,7	48,6	35,5	100
2010	11,3	45,4	43,3	100
Rural (total)				
2001	38,6	49,1	12,2	100
2010	27,6	53,3	18,9	100
Rural agrupado				
2001	29,6	52,6	17,6	100
2010	21,3	53,4	25,2	100
Rural disperso				
2001	42,8	47,5	9,6	100
2010	31,3	53,3	15,3	100

Máximo nivel educativo alcanzado según lugar de residencia de la población urbana y rural mayor de quince años, en porcentajes de la población de cada lugar de residencia. Total del país.
INDEC, Censo Nacional de Población y Viviendas, 2001 y 2010.

Lugar de residencia	Año	
	2001	2010
Urbano	53,7	65,5
Rural (total)	36,8	50,2
Rural agrupado	45,7	57,3
Rural disperso	32,7	46,2

Población con cobertura de obra social, medicina prepaga u otras, en porcentajes del total de población por lugar de residencia. Total del país.
INDEC, Censo Nacional de Población y Vivienda, 2001 y 2010.

un lado, con respecto a la composición de la población de trabajadores permanentes –esto es, incluyendo productores, sus familiares que trabajan y los no familiares o empleados permanentes de los establecimientos–, vemos que estos últimos son quienes menos disminuyen entre 2002 y 2018: 27% contra algo más de 40% en los otros grupos de trabajadores. El resultado es una estructura ocupacional en lo que respecta al trabajo permanente con creciente presencia relativa de asalariados (43%) y una disminución muy importante de los familiares.

Por otra parte, siguiendo con la comparación intercensal, se observan otros dos cambios de importancia que merecen ser señalados. Mientras que en 2002 prácticamente dos tercios de los empleados permanentes eran contratados por 'personas físicas y sociedades de hecho no registradas', en 2018 esa participación se reduce a un tercio, alcanzando aquel valor los establecimientos relevados como de 'otros tipos jurídicos'.

Esta creciente dinámica empresarial tiene su correlato en el tipo de ocupación de los trabajadores. De manera preliminar, en función de los escasos datos disponibles, se puede constatar que la participación de los 'peones generales' disminuye 10 puntos porcentuales entre ambas fechas, mientras que el número de 'profesionales y técnicos de la producción' se duplica, llegando en la actualidad a aproximadamente 8000 individuos de esa calificación que trabajan en forma permanente en las explotaciones.

Asimismo, se ha incrementado la provisión de mano de obra a través de los 'contratistas de maquinarias', de dilatada tradición en la agricultura de cosecha de cereales y oleaginosas y más recientemente en la ganadería, a través de empresas especializadas y de otras que combinan esa actividad con la producción agraria en tierra propia o arrendada. Son proveedores de trabajo estacional para la realización de una variedad de labores y conformados mayoritariamente por operadores de maquinarias, así como portadores de innovaciones en tecnologías tanto de insumos como de procesos. Particularmente en los últimos años, con la creciente difusión de la llamada 'agricultura de precisión', se ha ampliado la gama de tareas que tercerizan los establecimientos, se ha intensificado el uso de tecnologías digitales y ha aumentado la diversidad de agentes, incluyendo un número creciente de profesionales y técnicos. Por esta razón, resulta más pertinente identificarlos como 'prestadores de servicios' para dar cuenta de la variedad de actores y de tareas que despliegan. El censo agropecuario de 2018 relevó un total de 31.312 prestadores de servicios (tres cuartas partes de los cuales se encuentran en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba) que constituyen actualmente un segmento importante de la mano de obra ocupada en la actividad.

Como contracara de estos procesos se encuentra el crecimiento del trabajo temporario en distintas regiones y producciones del país, con rasgos evidentes de precariedad y períodos de desocupación estacional. Esta situación es el resultado de situaciones históricas propias de ciertos mercados de trabajo asociados generalmente a cosechas manuales, junto con nuevas estrategias de organización del trabajo que despliegan las empresas, flexibilizando las formas de contratación, priorizando el uso de trabajadores de ese tipo para una diversidad de tareas además de las cosechas y con formas de remuneración basadas en productividad o por jornal.

Un estudio del autor sobre la demanda de trabajo en más de veinte producciones del país mostró que tan importante como la caída en el número total de empleos lo era el incremento en el uso de **trabajadores temporarios** en paralelo a la mejora en los niveles tecnológicos de los establecimientos, lo cual se verificaba además para la mayoría de los rubros analizados.

En este contexto de aumento relativo del empleo temporario, crece la 'intermediación laboral', fundamentalmente a partir del ingreso de empresas especializadas, incluso algunas provenientes del medio urbano. Pueden estar a cargo de la búsqueda y selección de trabajadores, del transporte en el caso de migrantes, de la organización y supervisión de las tareas y de la administración de personal, lo cual genera a menudo disputas legales respecto del tipo de relación laboral que se genera con esta figura.

Una problemática específica e histórica del trabajo es su relativamente bajo nivel de registración, impactando sobre los niveles de protección y seguridad social actual y futura de esta población. Según los datos disponibles del INDEC, la proporción de empleados registrados en el agro (definidos a partir de la realización de descuentos jubilatorios) crece levemente entre 2001 y 2010, pasando del 47,8% al 51,6% del total de ocupados, pero se ubica al menos 15 puntos porcentuales por debajo de los valores correspondientes a las demás ramas de actividad. De nuevo en este caso la heterogeneidad se manifiesta de manera muy marcada entre provincias ya que en algunas

Trabajadores rurales en una plantación de lechugas.

esa condición se ubica cercana a los dos tercios (como, por ejemplo, en Buenos Aires y Río Negro) y en otras solo alcanza a un tercio de los asalariados agrícolas (como Misiones, Santiago del Estero y San Juan). En general, la cobertura entre asalariados permanentes es mayor que entre temporarios.

Un último fenómeno para destacar es el constante incremento de la residencia urbana por parte de trabajadores que la mayor parte de su tiempo van a continuar ocupados de manera temporaria o estacional en la agricultura. Efectivamente, para 2001, el 40% de los asalariados agrícolas residía en ciudades de diferente tamaño y en 2010 ya alcanzaba al 54%. Este desplazamiento se orienta a la búsqueda de un empleo complementario y/o eventualmente de mayor calidad que el ofrecido en el sector, pero también de mejores condiciones de vida, como educación y salud. Adicionalmente, las posibilidades de acceso a políticas públicas (transferencia de ingresos, vivienda, otros subsidios) también actúan en la misma dirección. CH

LECTURAS SUGERIDAS

DE ARCE A y SALOMÓN A (comps.), 2020, *Una mirada histórica al bienestar rural argentino: debates y propuestas de análisis*, Teseo-CEAR-Conicet, Buenos Aires.

GRAS V y HERNÁNDEZ V, 2009, *La Argentina rural: de la agricultura familiar a los agronegocios*, Buenos Aires, Biblos.

NEIMAN G (dir.), 2010, *Estudio sobre la demanda de mano de obra en el agro argentino*, CICCUS, Buenos Aires.

VELÁZQUEZ G, 2016, *Geografía y calidad de vida en Argentina: análisis regional y departamental*, IGEHCS-CIG, Tandil.

Guillermo Neiman

MSc en Sociología y Sociología Rural, Universidad de Wisconsin-Madison.
Profesor adjunto interino, Facultad de Ciencias Sociales, UBA.
Investigador principal del Conicet.
gneiman@ceil-conicet.gov.ar

Daniel Lema
CIEP-INTA y UCEMA

Políticas agropecuarias y economía en la Argentina

En todos los países existen políticas públicas específicas dirigidas al sector agropecuario. Un hecho observado y considerado como típico –y que ha llamado la atención de los analistas– es la protección económica de los países desarrollados y la desprotección relativa en los países en vías de desarrollo. Si bien estas tendencias se han suavizado parcialmente a lo largo de los últimos años, los países desarrollados protegen al agro transfiriendo ingresos desde los consumidores hacia los productores. En cambio, en los países menos desarrollados los precios recibidos por los productores agrícolas tienden a disminuir por la aplicación de impuestos. Una de las preguntas sobre política agropecuaria más analizadas en la literatura es la siguiente: ¿por qué se ha subsidiado la agricultura en los países ricos y se han aplicado impuestos en los más pobres?

Se identifican tres grandes líneas argumentales para explicar el fenómeno: i) el patrón de desarrollo; ii) el patrón anticomercio, y iii) el patrón de ingreso relativo. El primero muestra que muchos países cambian sus políticas y pasan de los impuestos a los subsidios agrícolas, en la medida en que se desarrollan económicamente. El patrón anticomercio enfatiza el hecho de que los sectores que compiten con importaciones (industrias) tienden a ser relativamente más protegidos que los sectores que producen bienes exportables. El patrón de ingreso relativo funciona así: la protección aumenta, o la desprotección disminuye, cuando los ingresos de los productores agropecuarios caen relativamente sea por la caída de los precios internacionales, las fluctuaciones de tipo de cambio o los shocks climáticos adversos.

En general, ningún patrón puede explicarse sobre la base de un Estado omnisciente y benevolente que tiene como objetivo el bienestar general. Un Estado de este tipo produce bienes públicos, soluciona fallas del mercado, regula y redistribuye ingresos de manera óptima velando por el interés general. La ocurrencia de políticas ineficientes o con efectos negativos es atribuida a falta de conocimiento o a problemas de implementación.

Un enfoque de economía política no parte de estas suposiciones sino del principio de que el Estado está a cargo de un gobierno y que este es un término colectivo que

¿DE QUÉ SE TRATA?

Del impacto de los impuestos sobre la producción y productividad agropecuaria.

agrupa a un conjunto de instituciones legislativas y ejecutivas, cuyos integrantes tienen poder y objetivos propios, y que en el mismo proceso de implementación de políticas incurre en fallas –de gobierno– similares a las del mercado. Se trata entonces de comprender los incentivos y las motivaciones en el mercado político y se enfatiza el análisis del comportamiento de los distintos actores (políticos, funcionarios, votantes, grupos de interés) que se supone accionan en su propio beneficio y no necesariamente tratando de maximizar el bienestar general de manera benevolente.

Con esta aproximación teórica se incorporan en el análisis elementos de economía política y se tiende a incluir explicaciones sobre cómo los cambios estructurales de la economía, por ejemplo los asociados al desarrollo económico o al cambio tecnológico en determinados sectores, tienen impactos en diferentes grupos de la sociedad que afectan: (a) los costos y las distorsiones asociadas a la protección; b) la intensidad de las actividades políticas, y c) la habilidad de organizarse políticamente e influenciar al gobierno por parte de los distintos grupos de la sociedad.

Analizaremos el caso de la política agropecuaria en la Argentina utilizando este marco conceptual general para comprender sus motivaciones y principales efectos económicos, más allá de las particularidades de cada intervención específica dirigida al sector. El objetivo es presentar una breve descripción de las políticas aplicadas en el sector agropecuario argentino, así como sus principales determinantes y consecuencias económicas.

Características generales de las políticas agropecuarias en Argentina

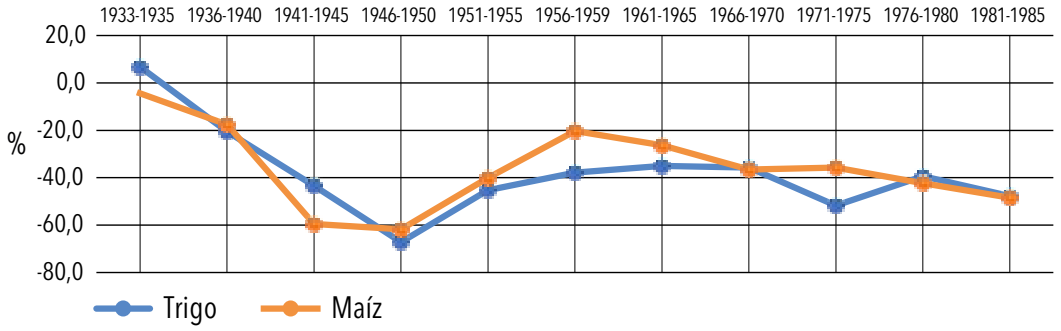
Desde fines de la Segunda Guerra Mundial la Argentina mantuvo, con diferentes matices, una política comercial, fiscal y cambiaria que privilegió los bienes importables (industriales) sobre los exportables (agrícolas). Esta política se implementó sobre la base de aranceles altos, cupos de importación, prohibiciones de importar, tipos de cambio diferenciales e impuestos a la exportación de los principales productos agrícolas y agroindustriales. Múltiples combinaciones de instrumentos se verificaron a lo largo de los años, con variaciones en el énfasis en cada uno de ellos y con marcados ciclos de mayor o menor intensidad en su uso.

Más allá de la orientación del gobierno, y de la situación macroeconómica, existió en general un sesgo en contra de los bienes exportables agropecuarios que determinó que los precios recibidos por los productores locales fueran inferiores a los vigentes en los mercados internacionales y que los precios de los factores e insumos (capital, fertilizantes y agroquímicos) fueran superiores a los internacionales.

Los orígenes de las intervenciones sistemáticas sobre los precios agrícolas pueden remontarse a la creación de la Junta Reguladora de Granos en 1933. Se inician en ese año una serie de políticas de precios agrícolas mínimos con el propósito de contrarrestar los efectos de la crisis del inicio de los años 30, las que, puede señalarse, lograron su objetivo en el corto plazo. Sin embargo, con el paso del tiempo, estas intervenciones fueron cambiando hacia una fuerte discriminación negativa vía diversos mecanismos distorsivos tales como la fijación de precios internos, los derechos de exportación y tipos de cambio diferenciales cuyos principales objetivos fueron la recaudación fiscal y el mantenimiento de bajos precios internos para los alimentos.

Si bien con diferentes énfasis en los instrumentos de intervención, la discriminación negativa al agro fue una tendencia persistente durante varias décadas. Por ejemplo, la evolución de la **tasa de protección nominal total** sobre los precios del trigo y el maíz entre 1933 y 1985 muestra valores negativos en casi todo el período. Se ha estimado que la discriminación en contra de los precios de los productos exportables agropecuarios (calculada como protección nominal total) fue de aproximadamente 40 a

Tasas de protección nominal total



Elaboración propia basada en datos publicados en Colomé RA, Freitas JD y Fusta G, 2010, 'Tipos de cambio real y tasas de «protección» a la agricultura argentina en el período 1930-1959', *Económica*, LVII, pp. 91-126, y en Sturzenegger A, 1990, 'Argentina', en Krueger A, Schiff M y Valdés A, *La economía política de las intervenciones de precios agrícolas en América Latina*, Banco Mundial-CINDE, Santiago de Chile.

50% en el período 1960-1985. Es decir, en ausencia de distorsiones los precios relativos de los productos agropecuarios hubieran sido entre 68 y 100% mayores que los observados en el período.

La imposición a la exportación y protección a la industria refleja el patrón anticomercio de las políticas que se mencionó previamente como hecho estilizado. Por otra parte, se pueden identificar algunas regularidades en términos de la evolución a lo largo del tiempo del nivel de imposición al sector agropecuario que coinciden con el patrón de compensación de ingresos relativos también mencionado. En este sentido, los impuestos sobre los bienes exportables agropecuarios se relacionaron:

- positivamente con el nivel de precios internacionales: a mayores precios mayores impuestos, y viceversa;
- positivamente con el tipo de cambio real: a mayor tipo de cambio mayores impuestos, y viceversa, y
- positivamente con la evolución de la productividad relativa de cada actividad: a mayor productividad mayores impuestos, y viceversa.

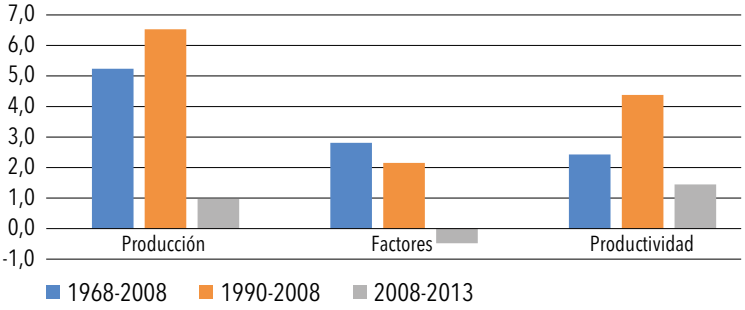
Como consecuencia de este tipo de políticas la producción de granos, por ejemplo, fue de 18 millones de toneladas en el quinquenio 1935-1939 y de 25 millones en 1975-1979, un incremento de solo 7 millones de toneladas en cuarenta años, lo que implica una tasa de crecimiento de solo el 0,8% anual. Este bajo crecimiento impactó sobre las exportaciones de granos, que fueron de solo unos 7 millones de toneladas anuales entre 1945 y 1976, mientras que habían superado los 9,5 millones anuales entre 1909 y 1939. En general, entre 1940 y hasta fines de los años 80, las intervenciones de precios implicaron menores ingresos para los productores, menores tasas de crecimiento de largo plazo para la producción agropecuaria y determinaron un menor crecimiento de la producción de bienes exportables y la economía en general.

Las políticas agropecuarias luego de 1990

El programa de reformas macroeconómico implementado en 1990 implicó un cambio importante en las políticas para el sector agrícola. El período 1990-2001 se caracterizó por la ausencia de impuestos a la exportación y una baja importante de los aranceles a la importación, decisiones que mejoraron los precios relativos e indujeron la incorporación de nuevos insumos y tecnologías. Al mismo tiempo, un tipo de cambio estable entre el dólar estadounidense y el peso argentino, la privatización de infraestructura portuaria y de almacenamiento produjeron un importante flujo de inversión extranjera y muy baja tasa de inflación. Debe destacarse que los años 90 estuvieron caracterizados por precios internacionales de los productos exportables agropecuarios relativamente bajos y también que el tipo de cambio real fue mucho más bajo que el que predominó durante los primeros años de la siguiente década. Estos factores tuvieron un impacto significativo sobre el sector agropecuario y agroindustrial dado que redujeron la renta de la tierra de manera importante y limitaron la posibilidad de imponer más al sector sin afectar fuertemente los ingresos de los productores agropecuarios.

Entre 1990 y 2001 el sector agropecuario incrementó la superficie cultivada y aumentó su eficiencia como consecuencia de la incorporación de capital, insumos modernos (fertilizantes, agroquímicos, semillas mejoradas), nuevas tecnologías (**siembra directa**) y cambios organizacionales (servicios de contratistas, **pooles de siembra**). La producción agrícola creció a una tasa anual del 4,39%, superior a la registrada durante los años previos a la Primera Guerra Mundial, cuando la producción de cereales en la Argentina era creciente y nuestro país era conocido como 'el granero del mundo'. Como se mencionó, este incremento de la producción fue el resultado del aumento en el uso de factores productivos –la superficie cultivada que creció aproximadamente 50%– y de importantes mejoras en la productividad agropecuaria. Las estimaciones de productividad total de los factores muestran un incremento del 2,4% anual entre 1968-2008, mientras que en el período 1990-2008 el incremento fue incluso mayor (4,4%), lo cual sugiere que las reformas de política durante la década de 1990 tuvieron un impacto positivo y persistente en la evolución de la producción y productividad agropecuaria.

Tasas de crecimiento anual de producción agropecuaria y del uso de factores y productividad (%)



La producción incluye agricultura y ganadería, el uso de factores se refiere a capital, trabajo, tierra, fertilizantes y otros insumos intermedios. El crecimiento de la productividad se calcula como el crecimiento del producto descontado el uso de factores.
Lema D, 2015, 'Crecimiento y productividad total de factores en la agricultura: Argentina y países del Cono Sur', documento de trabajo, Banco Mundial, Buenos Aires.

Cosecha de soja en la Argentina. Foto Adobe Stock

A partir de 2002 la actividad recibió un impacto doble: por un lado el surgimiento de un ciclo de altos precios y por el otro, de nuevas políticas impositivas. El índice de precios internacionales de alimentos y bebidas del FMI registró un incremento de casi el 50% entre los períodos 1996-2000 y 2006-2010, lo cual benefició notablemente al sector. Los precios favorables inicialmente incentivaron una expansión de la producción agrícola (el índice de producción de los seis cultivos más importantes se incrementó 50% entre 1995-1999 y 2005-2009) y permitieron también la consolidación de importantes cambios tecnológicos y organizacionales que se habían originado entre fines de los años 80 (doble cultivo trigo-soja) y mediados de los 90 (**soja RR**, siembra directa).

Como resultado de los cambios tecnológicos y los favorables precios internacionales, la superficie cultivada, la producción y la productividad agrícola crecieron sustancialmente durante la primera década de los años 2000.

En 2008 el Poder Ejecutivo emitió una resolución para incrementar los impuestos a la exportación y vincular futuros incrementos a impuestos más altos. Esto desató una protesta generalizada del sector agropecuario cuya extensión no se anticipó. La célebre 'resolución 125' fue llevada al Congreso en forma de proyecto de ley que finalmente, en julio de ese año, no fue aprobado. Desde entonces, no se modificaron los derechos de exportación hasta que en diciembre de 2015 fueron eliminados, excepto para el cultivo de soja y sus derivados.

Debe destacarse que, si bien no se incrementaron los derechos de exportación, luego de 2008 a la alta imposición vigente se adicionaron crecientes limitaciones cuantitativas a la exportación de granos y carnes, así como controles en el mercado de divisas luego de 2011. Estas intervenciones tuvieron un impacto sustancial en el ingreso de los productores agrícolas y redujeron los incentivos para la inversión y adopción de tecnología en el mediano plazo, lo que permite explicar, en parte, el descenso de las tasas de crecimiento de la producción y productividad luego de 2008.

De acuerdo con las estimaciones de 'Apoyos al productor' (PSE) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y del programa Agrimonitor del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entre 2003 y 2015 el sector agropecuario de la Argentina ha transferido, en promedio, el 30% de sus ingresos brutos hacia el fisco y los consumidores por los menores precios.

Estos cálculos sugieren que los productores agropecuarios argentinos dejaron de percibir unos 150.000 millo-

nes de dólares como consecuencia de la aplicación de derechos de exportación y restricciones cuantitativas al comercio. Debe destacarse que, al mismo tiempo, recibieron subsidios y compensaciones por programas específicos por unos 2600 millones de dólares y unos 5400 millones de dólares por servicios generales y bienes públicos (investigación y desarrollo, sanidad, etc.). Esta fuerte imposición al agro en la Argentina contrasta de manera significativa con las políticas de muchos países desarrollados y en desarrollo que generan transferencias positivas hacia la producción agropecuaria.

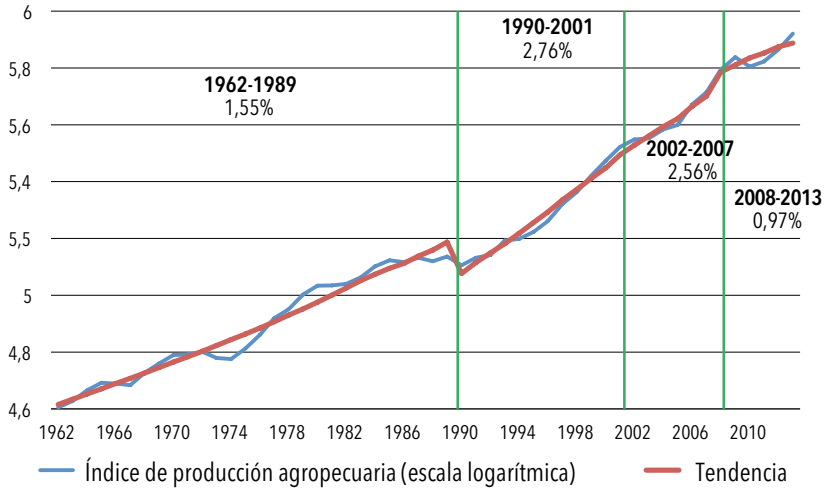
En síntesis, puede afirmarse que las políticas agropecuarias posteriores a 2002 volvieron a replicar los patrones previos a 1990, dando como resultado que hacia finales de 2015:

- los productores de exportables agropecuarios se enfrentaron a impuestos a la exportación de entre el 20 y el 35%;
- la cadena de valor agrícola estuvo sujeta a una mayor regulación, particularmente a través de cuotas a la exportación de algunos bienes tales como trigo, maíz, leche y carne vacuna;
- los impuestos a la importación se volvieron a instaurar para los bienes de capital, lo cual incrementó su costo real para los productores agropecuarios;
- la política monetaria ocasionó un incremento en la inflación que en 2015 alcanzó un promedio del 25% y creciente volatilidad de precios relativos, y
- la producción y productividad agropecuaria mostraban menor dinamismo y reducciones en las tasas de crecimiento.

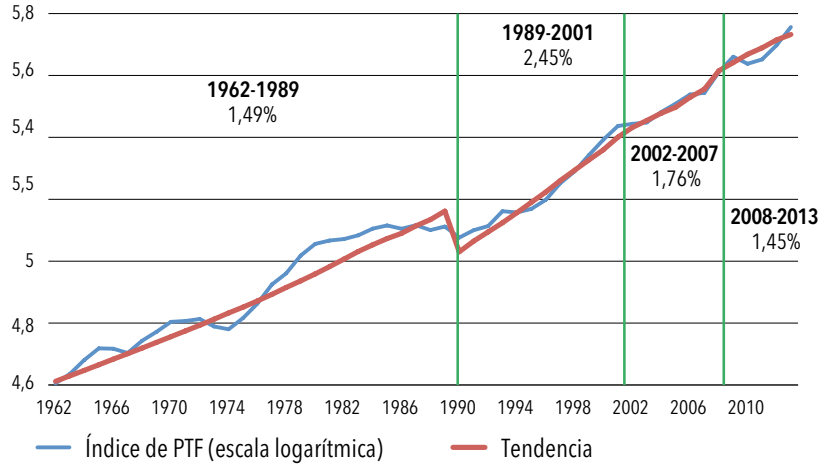
En diciembre de 2015, el nuevo gobierno introdujo cambios relevantes en la política agropecuaria. Se eliminaron las restricciones cuantitativas a la exportación, así como los derechos para la mayoría de los productos exportables, excepto para el poroto de soja y sus derivados, que continuaron con 30% y 27% respectivamente. Para productos que continuaron con derechos de exportación, el gobierno comprometió un cronograma de reducción hasta su total eliminación en 2020.

La reducción de impuestos permitió compensar, en parte, la baja de los precios internacionales, así como los efectos adversos de eventos climáticos. En el mediano plazo, el cambio de

Índice de producción agropecuaria
Tasas de crecimiento anual por período, 1962-2013

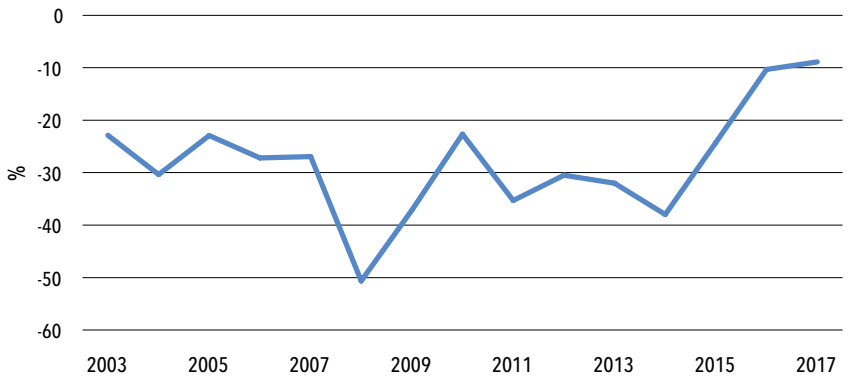


Índice de productividad total de los factores (PTF)
Tasas de crecimiento anual por período, 1962-2013



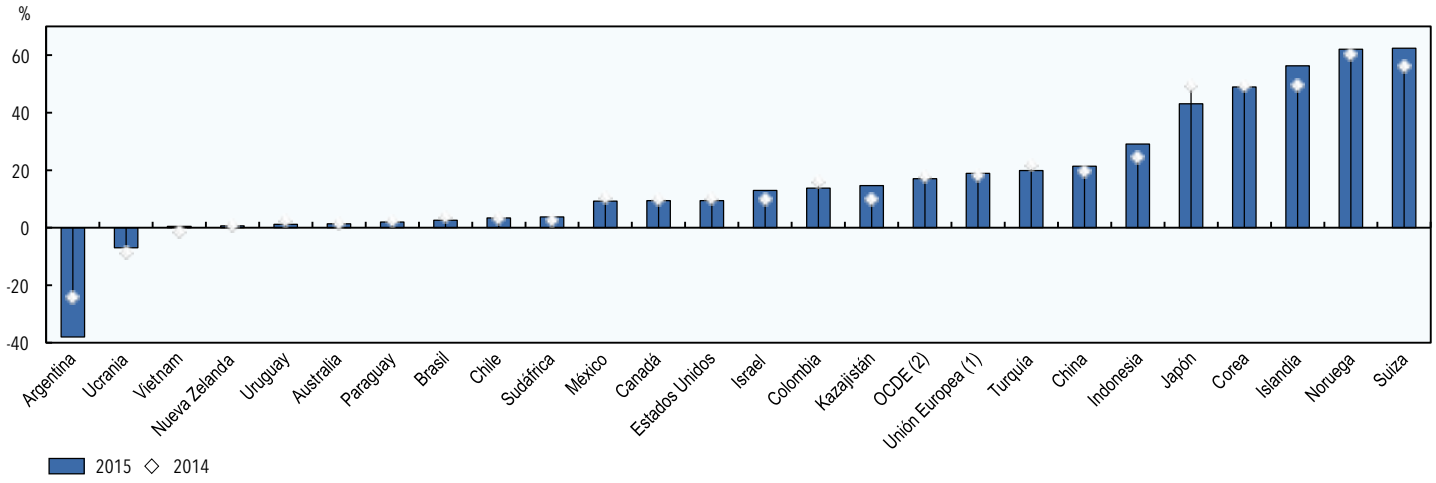
LEMA D, 2015, 'Crecimiento y productividad total de factores en la agricultura: Argentina y países del Cono Sur', documento de trabajo Banco Mundial, Buenos Aires.

Estimado de apoyo al productor (PSE)
% de reducción de ingresos por políticas agrícolas



Elaboración propia basada en 'Producer and consumer support estimates', OECD Agriculture Statistics (database).

Estimado de apoyo a productores por países 2014-2015, % del ingreso bruto a nivel de finca



Resultado de las estimaciones de 'Apoyo al productor' de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) para un conjunto de países en 2014-2015. Los países se ordenan de acuerdo con el valor absoluto de apoyo en 2015. (1) Unión Europea (28 países, no miembros de la OCDE). (2) Total de países OCDE. Elaboración propia basada en 'Producer and consumer support estimates', OECD Agriculture Statistics (database), 2016 y 2018 y BID-Agrimonitor 2020.

precios relativos, junto con la eliminación de restricciones a la exportación, generó una expansión en la producción y exportación de cereales y carne vacuna. Sin embargo, la eliminación progresiva de los impuestos a la exportación de soja y derivados no solo no se concretó de acuerdo con lo comprometido, sino que a fines de 2018 los derechos de exportación se aplicaron nuevamente sobre todas las exportaciones con alícuotas, promedio, de 12%, excepto para el complejo sojero que tributaba 27%.

La secuencia de disminución y posterior incremento de impuestos implementada entre 2015 y 2018 deja una lección muy relevante para comprender la dinámica de la política comercial y fiscal hacia el sector agropecuario en la Argentina: la política agropecuaria y el nivel de imposición al agro son el resultado de un complejo equilibrio económico y político que va más allá de las buenas intenciones, reputación o promesas que realicen los funcionarios a cargo del Ejecutivo.

El cambio de gobierno de diciembre de 2019 implicó nuevas modificaciones en la política agropecuaria que se produjeron en un marco de importantes restricciones fiscales. Se decidió entonces un nuevo aumento de derechos de exportación con alícuotas diferenciales por producto, un mayor control del mercado cambiario, así como nuevas restricciones a la importación de insumos y bienes de capital. La línea general de política agrícola sugiere un regreso a las políticas de fuerte imposición al agro por motivos fiscales, diferenciación de precios entre el mercado internacional y el mercado interno (patrón anticomercio), así como un creciente proteccionismo y el uso de tipos de cambio y derechos de exportación diferenciales para sostener una estrategia de industrialización y promoción del procesamiento local de materias primas (patrón de ingreso relativo).

La economía política

Tanto a nivel conceptual como frente a la historia reciente de las políticas agropecuarias en la Argentina, persisten algunos de los interrogantes que se mencionaron inicialmente. En principio, cuáles son los motivos de la implementación de políticas de alta imposición que desalientan la producción de productos exportables y generan ineficiencias. Luego, por qué, una vez implementadas y vistos sus efectos negativos, perduran a lo largo del tiempo y se repiten sistemáticamente.

Debe tenerse en cuenta que los gobiernos en la Argentina han incurrido en persistentes déficits fiscales como consecuencia de un elevado y creciente nivel de gasto público que no puede ser sostenido en el tiempo. La política argentina enfrenta recurrentes crisis lidiando una y otra vez con tres problemas: exceso de gasto público que lleva a déficit fiscal, monetización del déficit e inflación y una 'restricción externa' (falta de dólares) que en buena medida está determinada endógenamente por las políticas fiscales y monetarias aplicadas. En este sentido, los impuestos a la exportación constituyeron una fuente relevante de recaudación fiscal (dependiendo del período entre 0,5% y 3,5% del PBI) y aparentan ser una forma efectiva para manejar los problemas fiscales en el corto plazo, si bien en el largo plazo desincentivan la exportación y reducen el comercio. La visión tradicional sugiere que las retenciones incrementan los ingre-

sos fiscales rápidamente y también contribuyen a reducir el aumento de precios de los alimentos. Si se combinan con control de exportaciones y del mercado de cambios, permiten que el sector público aumente sus ingresos, se apropie de divisas con relativa facilidad y que además se reduzcan los precios de los bienes exportables que son parte de la canasta de alimentos (carnes, cereales, lácteos) de los sectores de menores ingresos. Esto hace que los derechos de exportación sean una política muy atractiva en el corto plazo.

POLÍTICAS PÚBLICAS Y DECISIONES SOBRE USO DEL SUELO

Marcos Gallacher
Universidad del CEMA

Si bien muchos observadores opinan que las mejoras en tecnologías y *management* están lejos de alcanzar su techo, otros advierten sobre la existencia de una 'sobreexplotación' del recurso suelo en la agricultura. Para evitar esto, recomiendan medidas que van desde subsidiar el uso de fertilizantes hasta implementar un sistema de control que requiera por parte de los productores la elaboración (y ejecución) de un 'plan sustentable'.

Algunos también argumentan a favor de introducir legislación que ponga límites al tipo de acuerdos que pueden hacerse entre oferentes y demandantes de tierra agrícola. En general, los 'agropesimistas' abogan por una mayor participación colectiva (más o menos explícita) en los procesos decisorios del productor, participación que se efectiviza a través de legislación que limita lo que los empresarios pueden hacer. Iniciativas como las mencionadas pueden tener efectos negativos que subsisten durante largos períodos.

Por ejemplo, gran parte de la superficie cultivada con granos en la Argentina se realiza a través de diversos acuerdos de alquiler entre propietarios de tierra y arrendatarios. Estos acuerdos son mirados con desconfianza por aquellos que argumentan que su naturaleza 'cortoplacista' contribuye a un sistema productivo no sustentable. El error del razonamiento anterior es suponer que las decisiones las toma el arrendatario, cuando en la práctica surgen de la interacción de voluntades del oferente (propietario de la tierra) y el demandante (arrendatario). En última instancia, es el propietario quien permite o no que se haga tal o cual cosa en su predio. Si el primero razona en términos económicos (como puede suponerse), hará un balance intertemporal de costos y beneficios de las decisiones que toma.

Si el mercado de alquiler opera razonablemente bien, 'explotar' la tierra hoy resulta en un menor valor de alquiler en períodos futuros. Por lo tanto, el productor internaliza en forma plena las consecuencias de las decisiones que toma. El mercado de alquiler de tierras tiene otra importante ventaja: facilita el ingreso de capital de inversión al sector. Mayor oferta de capital resulta en menores restricciones financieras, y por lo tanto en mayor incentivo para renunciar a ingresos presentes a fin de obtener ingresos futuros, y esto en efecto es uno de los aspectos clave en lo que hace a conservación de recursos.

La legislación que limita la capacidad decisoria de los empresarios no parece ser una alternativa adecuada para enfrentar el problema de la sustentabilidad de la producción. Más bien, esta sustentabilidad depende de la información que es puesta a disposición de los productores. Por ejemplo, un método de diagnóstico que permite evaluar la capacidad productiva de una parcela constituye una poderosa herramienta contra la 'sobreexplotación': si esta ocurre, el valor de la parcela en cuestión (valor de arrendamiento, o del stock mismo de la tierra) se reducirá. Y el propietario sufrirá en consecuencia. El hecho de que la información sobre productividad sea valiosa resulta en la aparición de mercados de distinto tipo. En el caso del sector agropecuario, el mercado de asesoramiento agronómico, los laboratorios de análisis de suelos y los drones para el monitoreo de parcelas. Es esta información, junto con los incentivos a los cuales está sujeto el empresario, la que en última instancia determina el deterioro o no del recurso suelo utilizado en la producción agropecuaria. El problema de la 'sustentabilidad' es, entonces, crear y utilizar conocimiento, y no pretender resolver un complejo problema a través de iniciativas legislativas que en el mejor de los casos serán irrelevantes.

Resumiendo: para reducir el costo de decisiones equivocadas —sean estas de manejo de suelos, elección de cultivos o tecnología a usar en estos— resulta necesario que quien decida sea aquel que (a) sufre 'en carne propia' los costos de errores incurridos, y además (b) cuente con información local apropiada. En general, es el propio empresario —y no el funcionario— quien reúne estas características.

LECTURAS SUGERIDAS

GALLACHER M, 2013, 'Anti-Coase: planificación omnisciente del uso del suelo', *Revista de la Universidad del CEMA*, 23: 26-27.

HAYEK FA, 1945, 'The use of knowledge in society', *American Economic Review*, 35, 4: 519-530.

Marcos Gallacher
Doctor en economía agrícola (PhD), Universidad de Kentucky, Estados Unidos.
Profesor titular, Universidad del CEMA.
gmg@cema.edu.ar

La interacción de los sectores industriales protegidos, del sector agropecuario y del gobierno también podría contemplarse explícitamente para encontrar una explicación de los patrones descriptos. La importancia dada por los gobiernos a los objetivos de desarrollo de un sector industrial es muy importante en este sentido. Un mecanismo considerable de transferencia de ingresos se da dentro del mismo sector agroindustrial y va desde los productores primarios hacia los procesadores, que suelen obtener tratamientos impositivos más ventajosos. La imposición a la exportación tiende a ser menor para los productos con mayor procesamiento, lo que hace que los industriales adquieran las materias primas a menores precios que los internacionales para su procesamiento y posterior exportación, obteniendo importantes rentas. Estos mecanismos generan transferencias de rentas desde el sector agroexportador y alientan la formación de grupos de interés con importante poder económico. En general, los grupos más desprotegidos son los de productores primarios agrícolas y ganaderos, quienes, dado su gran número, su dispersión geográfica y heterogeneidad de intereses, pueden encontrar dificultades a la hora de coordinar acciones para modificar este tipo de políticas una vez implementadas.

A diferencia de la industria, que está relativamente concentrada, el sector rural primario de la Argentina está formado por miles de productores de gran heterogeneidad. Existen diversas organizaciones de productores agropecuarios (Sociedad Rural Argentina, Confederaciones Rurales Argentinas, Federación Agraria Argentina y Confederación Intercooperativa Agropecuaria) con importantes diferencias en sus orígenes y características de sus afiliados, y que recién en 2008 conformaron un grupo coordinado principalmente para oponerse al incremento de derechos de exportación de la 'resolución 125'. Grupos con estas características tienen dificultades para organizarse y hacer presión política efectiva dados los altos costos de transacción para coordinar acciones.

El problema de los grupos grandes es que todos los integrantes quieren obtener los beneficios derivados de la presión política, pero nadie está dispuesto a pagar los costos. Cada miembro del grupo espera que otros incurran en los costos para luego recoger los beneficios, con lo cual los incentivos del grupo a organizarse efectivamente son muy bajos. Solo se activa la actividad del grupo cuando los costos de la presión fiscal o de las políticas regulatorias son lo suficientemente altos para justificarlo. Así, es habitual que los grupos desfavorecidos solo obtengan mejoras aisladas y parciales dependientes de la coyuntura, tales como créditos a tasas preferenciales, reducción de precios de algunos insumos, planes de promoción sectorial. Sin embargo, estas medidas son poco eficaces y en general no contribuyen a retornar a una situación de menor imposición general y libre comercio de manera permanente.

Comentarios finales

En síntesis, para comprender y analizar las políticas agropecuarias resulta relevante utilizar el modelo conceptual de economía política que postula que las políticas son el resultado de la acción interesada de los distintos actores (políticos, productores agropecuarios, industriales, consumidores) que maximizan una función objetivo sujeta a diversas restricciones. Esto permite explicar algunas de las políticas observadas en la práctica de manera más comprensiva que el análisis tradicional de un gobierno y actores benevolentes que promueven el interés general. Sobre la base de este enfoque, puede afirmarse que el resultado global y el desarrollo futuro de las políticas agrícolas en la Argentina dependerán, en buena parte, de los incentivos, la acción estratégica, las restricciones del entorno institucional y el peso relativo de cada uno de estos jugadores en la política económica. CH

LECTURAS SUGERIDAS

LEMA D, GALLACHER M, EGAS YEROVI JJ y PAOLO DE SALVO C, 2018, 'Análisis de políticas agropecuarias en Argentina 2007-2016', *Policy Report Series*, Inter-American Development Bank. Environment, Rural Development and Risk Management Division.

OECD, 2019, *Políticas agrícolas en Argentina*, París, accesible en *doi.org/10.1787/9789264311879-es*

SWINNEN JFM, 2010, 'The political economy of agricultural and food policies: Recent contributions, new insights and areas for further research', *Applied Economics Perspectives and Policy*, 32, 1: 33-58.

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

Glosario

Ag Techs Nombre genérico con el que se designa a las empresas dedicadas al desarrollo de la tecnología para el agro.

Banda azul Fitosanitario clasificado como clase III por Senasa, que es ligeramente peligroso para los seres vivos.

Banda verde Fitosanitario clasificado como clase IV por Senasa, que normalmente no presenta peligro para los seres vivos.

Berries Designación, tomada del inglés, que designa a los comúnmente denominados frutos del bosque.

Bt Deriva de *Bacillus thuringiensis*, una bacteria que normalmente habita el suelo y cuyas esporas contienen proteínas tóxicas para ciertos insectos.

CAB Abstracts Base de datos internacional dedicada especialmente a la literatura de carácter agropecuario. Su origen es británico (Commonwealth Agricultural Bureau).

Chaco seco Comprende una planicie que se extiende sobre la mitad occidental de Formosa y Chaco, la oriental de Salta, casi todo Santiago del Estero, norte de Santa Fe y Córdoba, y sectores de Catamarca, La Rioja y San Luis.

CREA Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola.

Ensilado Método de conservación de granos o forrajes verdes, picados con alto contenido de humedad, que, mediante la acción de microbios y en ausencia de oxígeno, producen ácidos que ayudan a la conservación del forraje impidiendo la putrefacción. Usado para alimentar el ganado.

Espinal El espinal rodea a la región pampeana por el norte, el oeste y el suroeste, y está en contacto con los bosques fluviales del Paraná y el Uruguay, el Gran Chaco y el monte.

Eutrofización Enriquecimiento excesivo en nutrientes de un ecosistema acuático.

Explotación agropecuaria (EA) Unidad de organización de la producción bajo cualquier forma de tenencia de la tierra y modalidad de trabajo, destinada a la producción de bienes agrícolas, pecuarios o forestales. En la Argentina, los censos agropecuarios consideran una superficie mínima de 500 metros cuadrados y, al menos parcialmente, su producción debe estar destinada al mercado.

FAOSTAT Base de datos estadística que soporta la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Fitosanitario Grupo de sustancias destinadas a prevenir, atraer, repeler o controlar cualquier plaga de origen animal o vegetal durante la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución y la elaboración de productos agrícolas y sus derivados.

Has Hectáreas

Mhas Millones de hectáreas

Mtn Millones de toneladas

NEA Noreste de la Argentina.

NOA Noroeste de la Argentina.

Pampa Abarca las provincias de Buenos Aires (norte, centro-este y este), Santa Fe (sur) y Entre Ríos (este), desde el nivel marino hasta poco más de 500msnm.

Población rural Personas viviendo de forma dispersa en el medio rural y en localidades menores de 2000 habitantes; incluye habitantes vinculados con la actividad agraria (productores, trabajadores y sus familias), actividades no agrarias y población residente en general.

Pool de siembra Sistema de producción agraria por el cual una empresa transitoria asume el control de la producción mediante el arrendamiento de grandes extensiones de tierra, y la contratación de equipos de siembra, fumigación, cosecha y transporte.

Soja de segunda sobre rastrojo de trigo. Este tipo de cultivo es posible gracias a la **siembra directa**.

Rolo Cilindro pesado usado para aplastar residuos de cultivos o coberturas de suelos.

Scopus Base de datos de resúmenes y citaciones de artículos científicos que cubre diversas áreas.

Secano Agricultura sin irrigación.

Siembra directa Método por el cual se coloca la semilla en contacto con el suelo eliminando el movimiento de tierra y dejando rastrojo en superficie. El suelo se prepara con métodos biológicos que propician la germinación, la implantación y el crecimiento vegetal.

SIIA Sistema Integrado de Información Agraria.

Soja RR Modificación genética de la planta de soja que la hace resistente al herbicida glifosato. RR (Round-up Ready) es el nombre registrado por Monsanto para su herbicida.

Tasa de protección nominal total Mide el cambio porcentual en el valor agregado de una actividad, por efecto de la política comercial, con respecto a la situación en ausencia de aranceles.

Tercerización Modalidad de subcontratación de terceros incluyendo personas y/o maquinarias para la realización de tareas específicas del ciclo productivo. A veces conocida como intermediación, puede incluir personas físicas, empresas u otro tipo de organización.

Trabajadores temporarios Conjunto de trabajadoras y trabajadores no permanentes de la agricultura, que pueden desempeñarse durante períodos de tiempos variables, con diferentes empleadores y para una diversidad de tareas. Incluye un sector de migrantes que se desplazan entre provincias o a veces dentro de una misma provincia para ocuparse generalmente en tareas de cosecha manual.

SUSCRIBITE A CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

Para saber qué tenés que hacer,
visitá www.chicosdecienciahoy.org.ar

Tel (011) 4961 1824
chicos@cienciahoy.org.ar

CHicosdeCienciaHoy
@chicosdecienciahoy

¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?

1visitá

Nex Ciencia en: http://nexciencia.exactas.uba.ar

2sumate

a http://www.facebook.com/NEXciencia para recibir todas las novedades

3seguinos

por Twitter a través de @nex_ciencia

nexciencia.exactas.uba.ar