

# Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual

Emilio H Satorre  
Facultad de Agronomía, UBA



La agricultura argentina está fuertemente identificada con cuatro granos: trigo, maíz, girasol y soja. Ello se debe tanto a la superficie dedicada a su producción como a los ingresos que generan sus exportaciones. Las condiciones de la Argentina para tales cultivos están entre las más productivas del mundo y convirtieron al país en uno de los pocos capaces de alimentar habitantes de regiones menos favorecidas, pues si bien no se cuenta entre los principales productores mundiales de dichos cultivos, es uno de los escasos con capacidad de exportar, por lo que participa de manera importante en el comercio internacional de granos.

La producción agrícola extensiva argentina está orientada a los mercados externos, en contraposición con la agricultura de subsistencia, encaminada a la satisfacción de las necesidades alimenticias del productor y su familia. Por ello, la aplicación local de impuestos a la exportación (retenciones) y, en otros países, la existencia de subsidios y barreras a la comercialización son tan determinantes de la dinámica de los sistemas productivos como el suelo o el clima.

Muchas de las regiones que hoy son casi exclusivamente productoras de grano, hace unos pocos años eran identificadas como mixtas, pues coexistían en ellas la producción de granos y la ganadería, o incluso eran netamente ganaderas. En los últimos 20 años esas tierras experimentaron enormes transformaciones, que se hicieron extensivas a la agricultura argentina en general, como lo explica la nota 'Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo', también publicada en este número. La producción de trigo, maíz, girasol y soja aumentó cerca del 66%, de 40 a 67 millones de toneladas. El área sembrada aumentó cerca del 35% y la participación relativa de los cultivos se modificó bruscamente (figura 1). Este proceso extendió la superficie agrícola y relegó la actividad ganadera, tanto en términos de uso del suelo como de participación en el resultado de muchas empresas. El cambio de actividad no fue pareja para todos los cultivos, sino que se concentró en la soja, que se convirtió en el cultivo dominante de amplias zonas. Desde 1996, la superficie sembrada con maíz, girasol y trigo se mantuvo estable o cayó, mientras que la destinada a soja aumentó a

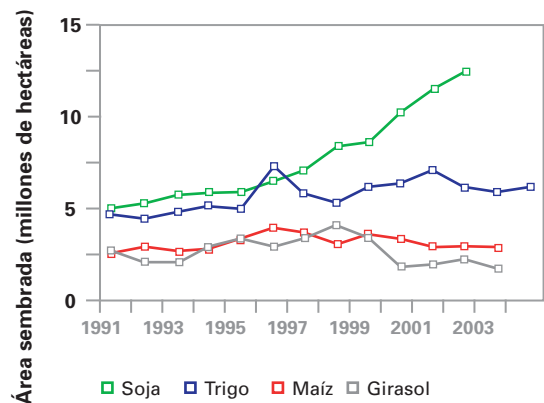
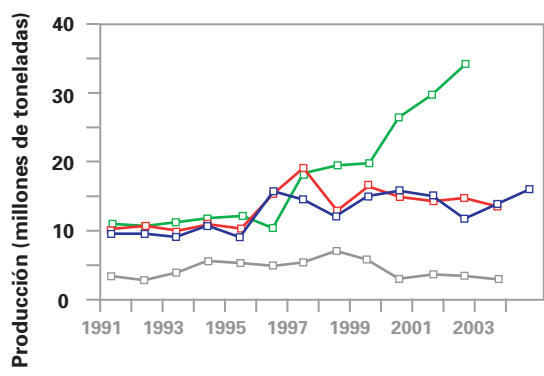


Figura 1. Cambios de la superficie sembrada y de la producción de soja, trigo, maíz y girasol. Fuente: SAGPyA.

más del doble. De los aproximadamente 25 millones de hectáreas sembradas actualmente con granos, el 52% corresponde a soja.

La mayor parte de este crecimiento productivo se concentró en la región pampeana, pero la transformación alcanzó, en mayor o menor medida, a todas las regiones argentinas con aptitud para esos

cultivos. De hecho, los mayores cambios relativos sucedieron en regiones extrapampeanas, al punto de que las superficies sembradas en Chaco y Santiago del Estero, por un lado, y en Tucumán y Salta, por otro, aumentaron respectivamente cerca de 800% y de 400% en el período 1990–2003 (figura 2).

Estas transformaciones en la utilización de la tierra representan riesgos para los respectivos ecosistemas. Entre ellos se destaca la gran reducción de la superficie ocupada por praderas (es decir, por pastos permanentes) en las regiones más productivas. Dicha reducción crea el peligro de que disminuya la incorporación de carbono originado en materia orgánica, el que es crucial para el mantenimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y, por lo tanto, para el rendimiento de las explotaciones. Por otra parte, la intensificación productiva y la consiguiente extracción de los nutrientes del suelo por los granos cultivados llevan también al empobrecimiento de este, excepto que sean repuestos, por ejemplo mediante la aplicación adecuada de fertilizantes. Sin embargo, los potenciales efectos ambientales negativos fueron mitigados por el uso de nuevos conceptos agronómicos y de tecnologías innovadoras, como la siembra directa, la rotación de distintos cultivos en un mismo predio, las variedades transgénicas, la mayor aplicación de herbicidas y fertilizantes y la agricultura de precisión, proceso que se simboliza en la figura 3 y se explica a renglón seguido.

Los sistemas de labranza de la tierra fueron modificados en los últimos 20 años con el fin de mantener los suelos cubiertos con residuos vegetales durante la siembra y crecimiento de las especies cultivadas, y así reducir la erosión causada por el viento y el agua (ver recuadro 'Métodos de labranza', página 19). A comienzo de los años 80 se introdujo el arado de cincel, una herramienta con fuertes púas que remueve el suelo pero mantiene mayor

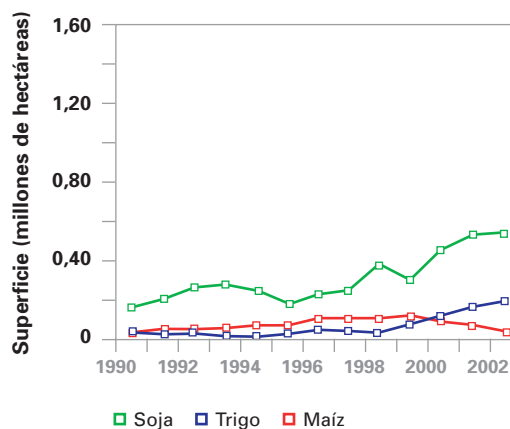
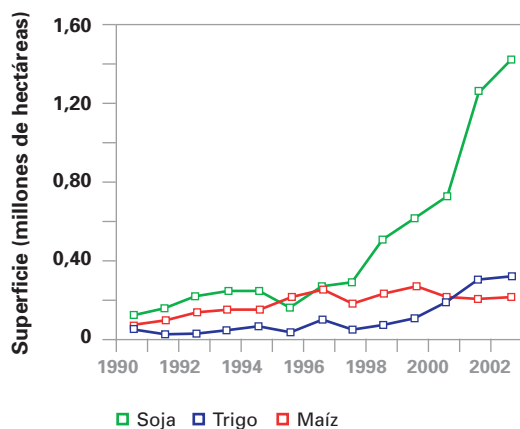


Figura 2. Cambios de la superficie sembrada con soja, maíz y trigo en Santiago del Estero y Chaco (izquierda) y en Salta y Tucumán (derecha).

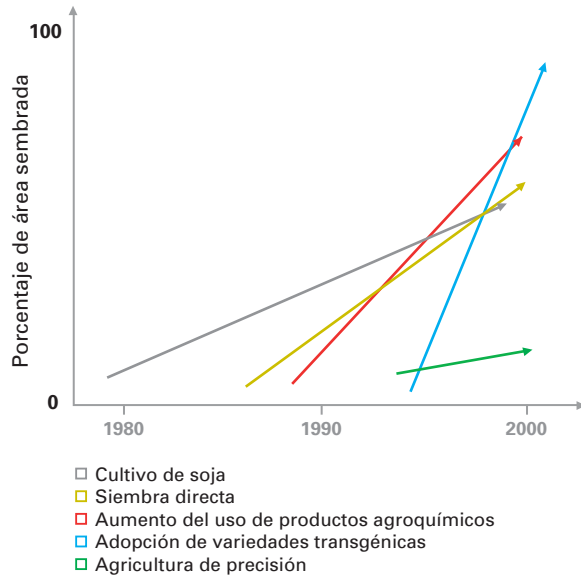


Figura 3. Introducción y adopción de tecnologías en la agricultura durante los últimos 20 años.

cobertura vegetal que el arado de discos, y no lo invierte, como lo hace el arado de reja y vertedera. Este fue característico de la agricultura pampeana, particularmente en su zona oeste, donde el suelo es muy propenso a la erosión. La siguiente innovación, que se comenzó a difundir a fines de los 80, fue la siembra directa, un sistema por el que no se recurre a un arado ni se remueve el suelo antes de la siembra, sino que la sembradora crea una estrecha hendidura en la que deposita las semillas (figura 4).

La adopción de la siembra directa tiene causas productivas y causas empresarias. Actualmente se aplica a cerca de 11 millones de hectáreas, o poco menos del 50% del área sembrada en la Argentina. Si se miran los métodos usados para producir, la rápida difusión de esta técnica se explica porque, además de la mencionada contribución a disminuir la erosión, (i) facilitó el doble cultivo en el mismo año: primero trigo y luego soja (soja de segunda), ya que ahorra tiempo y permite sembrar la soja con poca demora después de la cosecha del trigo; (ii) permitió que parte del agua que se perdía de la tierra por evaporación durante la preparación convencional del

## Cambios en el uso de pesticidas y fertilizantes

Martín Díaz-Zorita  
Cátedra de cerealicultura,  
Facultad de Agronomía, UBA

Los productos fitosanitarios –herbicidas, fungicidas, curasemillas, insecticidas y otros– que se usan en la agricultura extensiva contribuyen a disminuir los daños causados a los cultivos por insectos y enfermedades, así como la competencia de las malezas. El aporte de nutrientes del suelo no es siempre suficiente para el normal crecimiento de los sembrados, por lo que en condiciones de deficiencias nutricionales es conveniente recurrir también a fertilizantes. Las leguminosas, como la soja, constituyen un caso particular porque aprovechan el nitrógeno del aire, que resulta incorporado a los tejidos vegetales por bacterias que se fijan a las raíces de las plantas y establecen con ellas una relación simbiótica de mutuo beneficio. Además de corregir las deficiencias de nutrientes, en la agricultura moderna es aconsejable restituir al suelo aquellos nutrientes que le quita cada cosecha. Con todas estas medidas, se puede aumentar la producción inmediata y de largo plazo, algo que, según sea la relación de

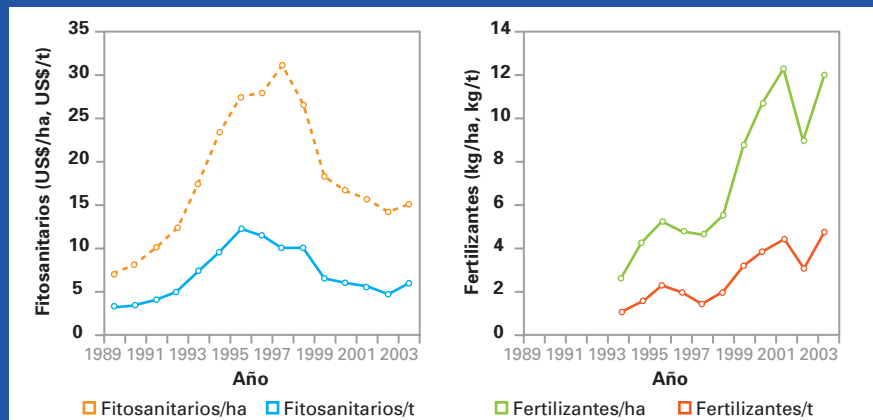


Figura I. Evolución relativa del mercado de productos fitosanitarios y del uso de fertilizantes en la agricultura argentina.

precios y costos, puede resultar ventajoso.

El aumento de producción de granos registrado en los últimos años en la Argentina no solo se debió a una mayor área sembrada sino, también, a más altos rendimientos por hectárea, logrados mediante modernas prácticas de manejo. Una de ellas fue el uso de pesticidas y fertilizantes. Entre 1990 y 2003, el mercado de pesticidas creció de aproximadamente 100 a unos 370

millones de dólares anuales. Durante la primera mitad de la década del 90, la inversión en productos fitosanitarios por unidad de superficie cultivada creció al ritmo de los otros insumos (figura I). A partir de 1996, sin embargo, esa inversión disminuyó, en parte por el menor uso de esos productos para producir soja, y por el crecimiento relativo de dicho cultivo con respecto al maíz y al trigo. En promedio, durante los últimos 15 años, del monto total de

suelo no se disipara, porque con el nuevo sistema este se mantiene cubierto por las plantas del primer cultivo y otros residuos vegetales (el llamado rastrojo), y (iii) debido a lo último, se incrementó la eficacia de los fertilizantes, pues la abundancia de agua favorece su acción, lo que, a su vez, incentivó su uso. Estas características contribuyeron a dar mayor estabilidad a los resultados económicos obtenidos por los agricultores, mejoraron los suelos, y, combinando la siembra directa –realizada con máquinas sembradoras adecuadas– con herbicidas eficaces y accesibles, brindaron una solución integral a la implantación de los cultivos y al control de las malezas.

Además de estas ventajas productivas, hubo razones empresariales que explican la difusión de la siembra directa, ya que permitió aumentar la capacidad operativa y la escala de producción de las empresas por el camino de la reducción de los tiempos de preparación y siembra de los cultivos. Así, los agricultores pudieron ampliar la superficie que están en condiciones de trabajar y, por ende, tuvieron la posibilidad de realizar nuevos negocios. Para el conjunto del sector, la mayor independencia de

las condiciones del suelo que se obtiene recurriendo al sistema permitió poner en producción tierras antes consideradas de baja aptitud agrícola, lo que provocó la expansión general de la agricultura.

Los cultivos modificados genéticamente fueron ampliamente adoptados por los agricultores argentinos tan pronto aparecieron en el mercado en 1996 (ver recuadro ‘Cultivos obtenidos por ingeniería genética’). Si bien aún existen dudas sobre la reacción de los mercados a ellos, han contribuido significativamente a las transformaciones agrícolas que estamos describiendo y a la consolidación y crecimiento de las otras tecnologías enumeradas, es decir, la siembra directa y la fertilización. Así, debido a que quien recurre a la siembra directa no ara la tierra, debe combatir las malezas casi exclusivamente mediante la aplicación de herbicidas, los que a su vez pueden afectar el cultivo. Pero la aparición de variedades transgénicas de soja resistentes al glifosato, un herbicida de gran poder, puso una fórmula económica y altamente eficaz al alcance del agricultor. La combinación de siembra directa y soja resistente a glifosato contribuyó más que otra cosa

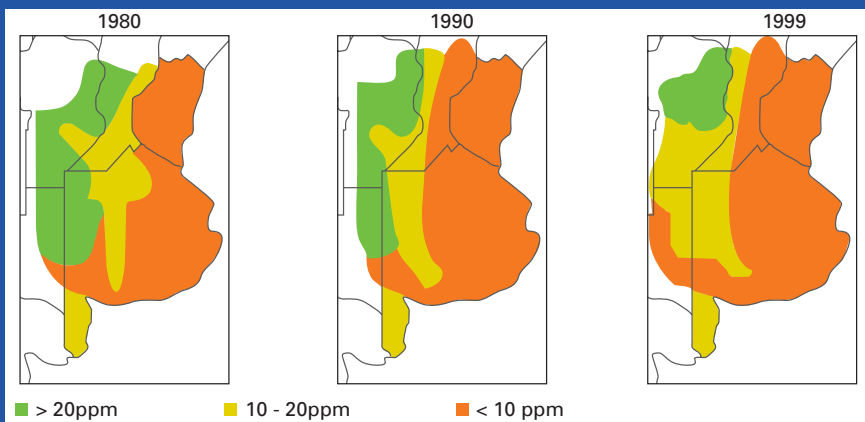


Figura II. Niveles medios de fósforo de los suelos de la región pampeana entre 1980 y 1999. El contenido de fósforo en partes por millón disponible para pasturas y cultivos está medido por el método P Bray. (adaptado de García 2001).

85% del área cultivada con trigo o con maíz es fertilizada, mayormente con productos nitrogenados, mientras que esta práctica se aplica en menos del 30% de la superficie con girasol o soja. No obstante, dado el crecimiento de la producción de granos, los aportes de nutrientes no son suficientes para revertir un balance negativo entre lo que quita (o *exporta*) cada cosecha y lo que se restituye por medios naturales o artificiales. Como consecuencia, el área con suelos con altos contenidos de fósforo ha disminuido en los últimos 20 años (figura II). En promedio, la extracción anual de fósforo por los granos producidos en la región pampeana es solo compensada en un 40% con la aplicación de fertilizantes.

productos fitosanitarios utilizados en cultivos agrícolas, la participación correspondiente a los empleados en cultivos de maíz y de trigo aumentó aproximadamente del 5% al 15%. En cambio, la participación de herbicidas, insecticidas y fungicidas utilizados en cultivos de soja se redujo del 70% al 55% del total del mercado de dichos productos. Estos cambios se relacionan con la utilización de nuevos genotipos de cereales, la mayor utilización de

fungicidas en el trigo, la difusión de los tratamientos de semillas y el menor uso de herbicidas para producir soja, debido a la difusión de variedades genéticamente resistentes al glifosato. Estas requieren un solo producto para el control de malezas, mientras que las variedades tradicionales requieren combinaciones de diferentes herbicidas. La aplicación de fertilizantes también se incrementó junto con la expansión agrícola (figura I). Aproximadamente el



Martín Díaz-Zorita  
Ph. D. en ciencias del suelo,  
University of Kentucky.  
Docente libre de la Facultad de  
Agronomía, UBA.  
Investigador asociado, CONICET.  
mdzorita@agro.uba.ar



Figura 4. Rastra de discos en acción.

a extender el cultivo de soja a zonas antes consideradas de bajas posibilidades para la agricultura. Actualmente, en más del 95% del área sembrada con soja en la Argentina se cultivan variedades transgénicas que tienen esa resistencia y han permitido una gran reducción de los costos de producción, debido al eficiente control de malezas, incluso de muchas, tanto anuales como perennes, consideradas plaga nacional. Así aumentó el rendimiento de los cultivos y el valor de los campos.

La ingeniería genética no se redujo a la soja. Se extendió también al maíz. Existen híbridos de maíz genéticamente modificados (maíces Bt) con tolerancia al barrenador del tallo, el insecto plaga más importante del cultivo. Tales híbridos permiten que se reduzca el uso de insecticidas. Se estima que en cerca del 52% del área sembrada con maíz se cultiva algún híbrido Bt. El cultivo de híbridos de maíz resistentes a glifosato acaba de ser autorizado en el país, pero su tasa de adopción será probablemente inferior a la de la soja transgénica, porque, en el maíz, el gasto en semilla y fertilizantes representa la mayor parte de los costos de producción, muy por encima de los herbicidas. En la soja, en cambio, semilla y fertilizantes constituyen una porción más baja de dichos costos y con la resistencia transgénica al glifosato se pudo reducir marcadamente el gasto en herbicidas, así como los costos totales de producción. Por ello, en el maíz esa resistencia seguramente incrementará el costo de la semilla y reducirá su adopción a ambientes con problemas especiales de malezas.

Otro factor ayuda a explicar la enorme expansión de la soja, además de la siembra directa y la

ingeniería genética, que solas quizá hubiesen sido insuficientes para provocarla. Es la rotación de cultivos, es decir, la alternancia en el tiempo, en el mismo predio, de distintos cultivos. Tal rotación, adecuadamente organizada, puede realizar un aporte crucial a conservar un buen balance de materia orgánica en los suelos, aprovechar de modo eficiente el agua y controlar plagas, malezas y enfermedades. En la agricultura extensiva sin riego de la región pampeana se rotan por lo menos tres cultivos. En zonas en que coexisten agricultura y ganadería, los cultivos se rotan con pasturas, que se dejan evolucionar por varios años. La figura 5 muestra un ejemplo de rotaciones, para un período de 6 años, en establecimientos del norte de la región pampeana que no incluyen al girasol. Las rotaciones ofrecen mayores beneficios ecológicos y agronómicos que la monocultura de soja o de cualquier otro cultivo.

En el actual escenario dominado por el cultivo de soja –pues es el que más contribuye a la facturación de las empresas– la rotación con maíz, por ejemplo, constituye una herramienta efectiva para mejorar el rendimiento de aquella, reducir costos y dificultades de producción y aumentar la estabilidad del sistema. Hay evidencias de importantes disminuciones de rendimiento de cultivos de soja en predios en que no se realizaron rotaciones, comparados con otros en predios en que se realizaron. El rendimiento de la soja sembrada luego de un cultivo de maíz puede ser entre 10 y 15% superior al obtenido luego de otro cultivo de soja. Sin embargo, la superficie sembrada con maíz puede continuar descendiendo, debido a un conjunto complejo de causas que incluye bajos precios actuales del grano, sus altos costos, falta de capital, deterioro de suelos y la frecuente estructura de corto plazo de los contratos de arrendamiento. La agricultura ha avanzado en la última década hacia esquemas productivos más complejos, que necesariamente requieren manejar mayor cantidad de especies.

El uso de fertilizantes en la agricultura argentina se incrementó casi ocho veces en los últimos 15 años. Hoy alcanza unos 1,6 millones de toneladas anuales (ver recuadro 'Cambios en el uso de pesticidas y fertilizantes'). Pero ese uso es relativamente bajo cuando se lo compara con el de países europeos, que utilizan hasta 40 veces más fertilizante por hectárea. Los productos más empleados son los que proveen nitrógeno (57%) y fósforo (36%). Se aplican fundamentalmente en cultivos de trigo y maíz. En las decisiones de fertilizar se presta cuidadosa atención a la eficiencia de la tarea, ya que representa una elevada proporción de los costos de los cultivos extensivos. La combinación de siembra directa con una

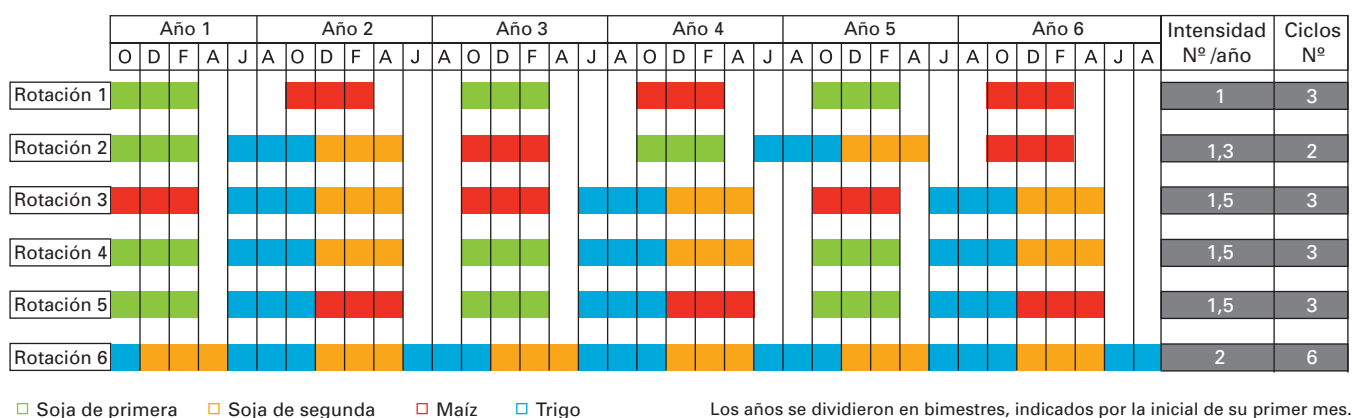


Figura 5. Representación esquemática de 6 rotaciones frecuentes.

aplicación relativamente moderada pero eficiente de fertilizantes ha permitido sostener altos rendimientos y reducir el riesgo de contaminación ambiental. Pero ciertas evidencias hacen pensar que los suelos pampeanos están perdiendo más nutrientes que los repuestos por la fertilización. Se ha estimado que solo el 22% del nitrógeno y el 48% del fósforo tomados del suelo por los granos cultivados regresan a él con la aplicación de fertilizantes. En los próximos años, ello ocasionaría una reducción marcada de estos nutrientes en los suelos agrícolas.

La agricultura de precisión, el último cambio tecnológico mencionado en la figura 3, ha estado avanzando lentamente en la Argentina. El término se refiere a un conjunto de herramientas de decisión y manejo que, mediante tecnología satelital, permite un tratamiento diferencial de distintos sectores de un mismo lote o potrero. En lugar del tradicional uso homogéneo de superficies de decenas o centenares de hectáreas, ahora se ha comenzado a emplear distintas dosis de siembra, de fertilizantes y de pesticidas por sectores de unas pocas hectáreas, luego de realizar un cuidadoso relevamiento de sus condiciones ecológicas y de sus resultados productivos pasados. La detección de heterogeneidad en un lote y de su dinámica espacial y temporal permite trabajar de forma diferencial unidades de tamaños antes impensados, hasta de 1 metro cuadrado.

Los cambios comentados han sucedido a un ritmo vertiginoso durante las últimas dos décadas. Tuvieron lugar en las principales áreas agrícolas del país. En el contexto empresario, las decisiones técnicas de manejo de los cultivos han buscado el aumento de los rendimientos. La mayor productividad de los recursos productivos es necesaria para sostener o aumentar la rentabilidad de las explotaciones y diluir los costos fijos en una mayor producción por unidad de superficie. Siembra directa,

ingeniería genética, rotaciones de cultivos y fertilizantes han sido instrumentos claves para el logro de esos objetivos. Constituyen tecnologías probadas en escala productiva. En su desarrollo y transferencia se verificó una estrecha colaboración de instituciones públicas, como el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y muchas universidades, con organizaciones de productores, como AACREA (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola) y AAPRESID (Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa), que tuvieron un muy importante cometido. Aunque es posible que su ritmo se haya moderado, la transición tecnológica no ha cesado y se caracteriza ahora por (i) el aumento de la percepción de los procesos de deterioro ambiental; (ii) la mayor conciencia de la importancia del gerenciamiento de la empresa agropecuaria; (iii) la búsqueda de diferenciación de productos, (iv) la búsqueda de la integración de la producción en una cadena agroindustrial y comercial.

La moderna tecnología agropecuaria se caracteriza por una mayor participación de la ciencia, y por la incorporación de tecnologías de información a las más conocidas de insumos y procesos que dominan en el agro pampeano desde los años 60. CH



Emilio H Satorre  
Ph D., Universidad de Reading, Inglaterra.  
Profesor titular, Facultad de Agronomía, UBA.  
Investigador independiente, CONICET.  
Coordinador académico del área de tecnología de AACREA.  
satorre@agro.uba.ar