

Difusión de la Innovación Tecnológica: El caso de la Siembra Directa en Argentina y su comparación con Brasil

Autoría: Liliana Scoponi, Regina Durán, Gabriela Pesce, Marianela De Batista

RESUMEN

El presente trabajo pretende analizar y describir la difusión tecnológica de la siembra directa (SD) en Argentina dentro del sector agrícola en el período 1978-2008, de modo de verificar si su adopción presenta el mismo comportamiento que en la industria, utilizando el modelo de la curva “S” de difusión tecnológica (Rogers, 1976). Se estudia la evolución de SD a nivel nacional y zonal, para un caso pionero del sudoeste (SO) bonaerense. Asimismo, se realiza una comparación con el patrón de evolución de esta tecnología en una zona productiva de Brasil: la región de Rio Grande do Sul.

El método de investigación utilizado se basa en estudio exploratorio de tipo cualitativo que emplea datos cuantitativos. Se utilizaron fuentes de información primarias, generadas a partir de entrevistas con preguntas semi-estructuradas a miembros de distintas regionales de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid). Asimismo, se recurrió a fuentes de información secundarias, bibliográficas y documentales, como: informes publicados por Aapresid, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Foro Argentino de la Cadena Agroalimentaria y datos censales del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina (INDEC).

Del análisis realizado se observa que la adopción de la SD sigue el formato de una curva tipo “S” a nivel nacional. En los primeros años del período analizado (hasta el año 1985), el crecimiento de la SD presenta una baja velocidad de difusión. En un segundo período, entre los años 1986 y 2001, el proceso de expansión de esta tecnología se acentúa, presentando tasas de crecimiento de entre 7% y 300% por año, con una evolución anual promedio de 89,27%. A partir del 2002 hasta la actualidad, esta difusión desacelera su ritmo de crecimiento lo que puede estar indicando que la tecnología se encuentra en una fase madura, ocurriendo una saturación en el uso de la misma.

Similar comportamiento se observa en el caso de estudio del establecimiento del SO bonaerense, que ha sido pionero en la implementación de SD en la región. No obstante del análisis de los porcentajes de superficie bajo esta práctica para la campaña 2010/2011 (entre 50% y 60% promedio), puede inferirse que la ampliación de conocimiento través de investigaciones agronómicas sobre la nueva tecnología adaptada a las condiciones del sitio, hacen que no haya culminado aún su fase de expansión a nivel local.

En relación a la comparación con Brasil, se hallaron similitudes en el patrón de difusión, como la forma de la curva tipo “S”, el período de incorporación de la tecnología y sus motivos, las dificultades presentadas en la implementación y la participación de instituciones en el período de difusión. Por el contrario, se presentan diferencias en la participación relativa de la SD en la superficie total implantada, siendo esta mayor en Argentina, en la cantidad de actores involucrados en las tareas de difusión de dicha tecnología, entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos cincuenta años, la tecnología renovó las prácticas agrícolas tradicionales, incrementando la producción de alimentos en el mundo y favoreciendo la integración de la actividad primaria con la agroindustria. Los avances tecnológicos de la Revolución Verde permitieron superar la predicción de hambruna malthusiana. No obstante, nuevos problemas se han ido advirtiendo con el tiempo, particularmente asociados a la pérdida de

sustentabilidad de los sistemas productivos. Es frecuente que algunas tecnologías reúnan características que, ecológicamente, contribuyan a la recuperación de ciertas propiedades del agroecosistema, y al mismo tiempo a la degradación de otras (Satorre, 1998, p.73). Por lo que se presentan permanentes desafíos para la innovación tecnológica y su difusión en la agricultura moderna.

Se observa entonces, a lo largo de la historia de la agricultura, que el progreso tecnológico ha intentado aportar soluciones a problemas, que han suscitado otros diferentes, reclamando más esfuerzo de innovación, lo cual se ha dinamizado en las últimas décadas. Esto demuestra que la innovación y difusión tecnológica no sólo es propia de los procesos industriales, ya que avanza en diversas actividades económicas, inclusive ligadas al sector agrícola (Nayar Hoff, Ávila Pedrozo, Santos Freitas y Pavinato, 2010, p. 479). Así han contribuido a partir de la década del '90 en Argentina y en Brasil, a mejorar la competitividad de los agronegocios, colocando a estos países como dos significativos jugadores globales en el mercado de los agroalimentos.

En este contexto, de modo especial, la siembra directa (SD) surge como un paso importante para la conservación del suelo. Al mismo tiempo que permite aumentar la productividad y la estabilidad de los rendimientos en el largo plazo. De acuerdo con el *Conservation Technology Information Center* de EE.UU., el Sistema de Siembra Directa es “el sistema de preparación del suelo y de vegetación para la siembra en el que el ‘disturbio’ realizado en el suelo para la colocación de las semillas es mínimo, ubicando éstas en una angosta cama de siembra o surco que depende del uso de herbicidas para el control de las malezas; el suelo se deja intacto desde la cosecha hasta una nueva siembra, excepto para inyectar fertilizantes.” (CTIC, 1992). Sin embargo, la SD en sí misma, considerada como “no labranza”, no alcanza para hablar de agricultura productiva y sustentable. Para adquirir esa condición, requiere un marco de rotación de cultivos (incluyendo cultivos de cobertura, si fuera necesario), un manejo integrado de malezas, insectos y enfermedades, una nutrición balanceada con reposición de nutrientes y un uso racional y profesional de insumos externos (incluyendo el manejo apropiado de agroquímicos y el tratamiento de los envases). Es decir, constituye más que una mera técnica de labranza, en virtud de que funciona como sistema.

La SD como sistema presenta beneficios que despiertan una motivación en los productores para llevar adelante la adopción de este tipo de tecnología. En América del Sur, Brasil y Argentina se destacan por ser países pioneros en su difusión.

Por lo tanto, considerando que la innovación tecnológica no se restringe a los procesos industriales, se plantean los siguientes interrogantes: ¿La difusión tecnológica de la SD en Argentina dentro del sector agrícola tiene el mismo comportamiento que en la industria? ¿Es posible explicarla a través de los modelos establecidos para la difusión tecnológica en la industria? ¿Su evolución ha seguido el mismo patrón que en Brasil?

Sobre la base de estas cuestiones, el presente trabajo tiene por objetivos: analizar y describir cómo fue la adopción de la SD en Argentina en el período 1978-2008 (últimas 3 décadas); evaluar los antecedentes de implementación de SD en un caso pionero del sudoeste bonaerense, y comparar los resultados obtenidos con la evolución de la siembra directa en una zona productiva de Brasil: la región de Rio Grande do Sul, utilizando la curva “S” de difusión tecnológica (Rogers, 1976).

2. INNOVACIÓN Y DIFUSIÓN TECNOLÓGICA

Rogers (1976) indica que, cuando se observan los datos acumulados en función del tiempo, la difusión en la adopción de nuevos productos y otras innovaciones sigue una curva de tipo “S”.

Para realizar este estudio, el autor propuso observar, a partir del cúmulo de investigaciones existentes, cinco características que permiten discutir por qué varía el grado de adopción, entre las que se encuentran: la ventaja relativa; el grado de compatibilidad; la complejidad; la divisibilidad; y la observabilidad (comunicabilidad). Es usual que la nueva idea o innovación se difunda lentamente a través de un grupo social tal cual como es introducida desde su inicio. Luego, a medida que el número de individuos (los adoptantes) experimenta la innovación, incrementa la difusión de la nueva idea y se propaga de una manera más rápida.

Lissoni y Metcalfe (1996) indican que la velocidad del proceso de difusión tecnológica en la primera fase es menor como consecuencia de las barreras en la implementación, producto de la falta de capacitación de los recursos humanos y la insuficiente estructura. En la segunda etapa, se origina una aceleración de la velocidad en la difusión como consecuencia del desarrollo de condiciones, conocimientos y tecnologías complementarias. Finalmente, en una última fase se produce una saturación del sistema, desacelerándose la difusión tecnológica.

Por su parte, Moraes (1997, p. 329) afirma que cuando un producto o conjunto de características nuevas, pasan a ser determinantes para el éxito competitivo de las empresas, estas constituyen un paradigma dominante.

Cimadevilla (1999) adapta las teorías tradicionales de difusión tecnológica (Schumpeter, 1939; Mandel, 1986; Huber, 1986; Ominami, 1986; Rogers, 1976) para la adopción de innovaciones ambientales, redefiniendo las cinco características estudiadas por Rogers, al considerar que los resultados en muchos casos y según el grado de deterioro ambiental, supone plazos temporales que exceden la experiencia de los ciclos productivos. La implementación de la SD puede ser considerada una innovación ambiental desde esta perspectiva.

3. MÉTODO

El presente trabajo es un estudio exploratorio de tipo cualitativo que emplea datos cuantitativos. Se utilizaron fuentes de información primarias, generadas a partir de entrevistas con preguntas semi-estructuradas a miembros de distintas regionales de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid): algunos pertenecientes a la zona de Los Surgentes-Inrville, provincia de Córdoba, y otros, a la región productiva del sudoeste (SO) de la provincia de Buenos Aires.

Las mismas fueron seleccionadas por ser la primera representativa de la pampa subhúmeda central, una de las regiones más productivas y dinámicas del agro pampeano; mientras que la segunda, geográficamente emplazada en la pampa austral subhúmeda y semiárida, presenta alta variabilidad climática y mayor vulnerabilidad ambiental, con una consecuente menor productividad. Se trata de dos zonas productivas con distintas características eco-edafológicas y patrones diferentes de evolución en la adopción de tecnología.

Por otra parte, el cambio de un sistema con labranzas a siembra directa produce una serie de modificaciones en el suelo que pueden ser caracterizadas por distintas etapas, llegando a estabilizarse luego de 20 años (Moraes Sa, 2003). Razón por la cual, existen pocos estudios comparativos en Argentina que tengan antigüedad suficiente para evaluar sus efectos de largo plazo. Uno de ellos es el realizado en el sudoeste bonaerense, en el establecimiento “Hogar Funke” (Tornquist, BA) desde el año 1986. De ahí que se consideran también los datos empíricos de la investigación realizada por Durán, Galantini, Scoponi, Sánchez, Chimenó, Cordisco, Pesce, Oliveras, Merino y De Batista (2010), que complementan

aportando un enfoque económico y administrativo, las pesquisas agronómicas efectuadas en ese sitio (Kleine, Puricelli, 2001; Galantini *et al.*, 2006, 2007).

Para el estudio comparado con Brasil se tomaron los resultados de la investigación llevada a cabo por Nayar Hoff, Ávila Pedrozo, Santos Freitas y Pavinato (2010), en virtud de perseguir igual objetivo que el presente trabajo sobre el caso de la SD en la región de Rio Grande do Sul. Según los autores, dicha región fue elegida por ser precursora en la implantación de esta tecnología, por las significativas áreas agrícolas manejadas bajo SD y por el desarrollo de investigaciones científicas complementarias al proceso de difusión, que permite un cuerpo de informaciones confiables para el análisis.

Asimismo, se recurrió a fuentes de información secundarias, bibliográficas y documentales, como: informes publicados por Aapresid, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Foro Argentino de la Cadena Agroalimentaria y datos censales del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina (INDEC).

Los datos fueron interpretados en virtud del referencial teórico, siguiendo la misma estructura de análisis propuesta por Nayar Hoff, Ávila Pedrozo, Santos Freitas y Pavinato (2010, p. 487):

- a) Que la velocidad de difusión de la tecnología debe presentar un formato de curva tipo “S”, es decir que demuestra baja velocidad de difusión en el período inicial, un proceso de aceleración acentuada en un segundo período y reducción de la velocidad en un lapso de mayor madurez de la tecnología.
- b) Que debe percibirse una continuidad de la actividad inventiva a lo largo del proceso después de su introducción en el sistema productivo.
- c) Que posiblemente ocurra el desarrollo de habilidades técnicas entre los usuarios (*learnig by using*) y de habilidades de fabricación de máquinas (*learning by doing*).
- d) Debe presentarse un alto grado de complementariedad entre diferentes técnicas dentro de la actividad productiva a lo largo del proceso de difusión de la tecnología.
- e) El contexto institucional en el cual se da el proceso de difusión, considerando variables sociales, legales, institucionales, económicas, permite advertir obstáculos y facilidades en el proceso de difusión.
- f) Si se confirma que la difusión tecnológica se encuentra en la fase 3, deben buscarse aspectos que permitan inferir el establecimiento de un paradigma tecnológico dominante.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE DATOS

4.1. EVOLUCIÓN DE LA SIEMBRA DIRECTA (SD) EN ARGENTINA

En 1968 el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) inicia sus primeros esfuerzos para encontrar soluciones a los problemas de degradación del suelo, aunque todavía no relacionados directamente con la siembra directa (Trigo, Cap, Malach y Villarreal, 2009).

Recién en los años 1973/1974 se dan las primeras experiencias agropecuarias y también la investigación sobre siembra directa en Argentina. En ese momento, algunos productores pioneros comenzaron a aplicar esta práctica, mientras esperaban una forma mejor de hacer crecer semillas de soja, luego del trigo en un sistema de doble cultivo (dos cosechas en un año). Varios productores empezaron a utilizarla, pero luego la dejaron de aplicar, básicamente, por la falta de maquinaria y herbicidas adecuados, los cuales constituyeron la principal restricción para la adopción temprana del sistema (Derpsch, 1998).

Paralelamente, trabajos con mayor rigor científico en siembra directa, se iniciaron en el INTA en la Estación Experimental Marcos Juárez, bajo la dirección de los ingenieros

agrónomos Lattanzi, Marelli y Nardone y en la Estación Experimental Pergamino, bajo la tutela de Senigagliesi, Hansen y Zeljkovich. Estos ensayos brindaron durante los 10 primeros años, toda la información básica sobre el comportamiento y las ventajas de la siembra directa (Senigagliesi, 2000).

Hacia fines de 1970, principios de 1980, hubo mucho intercambio y relación con investigadores de otros países. En especial, un grupo de la Universidad de Kentucky (Estados Unidos), fue guía para instaurar el sistema de siembra directa en Argentina, como paquete tecnológico distinto al de la siembra convencional. Las dificultades más importantes que se debieron resolver fueron las asociadas con la maquinaria y el control de plagas. Estas cuestiones presentaban problemas a los investigadores, a la hora de instalar correctamente las parcelas de siembra directa, las cuales presentaban visibles desventajas, respecto del sistema de labranza convencional (LC) y, por ende, menor producción (Senigagliesi, 2000). A la hora de evaluar las falencias del sistema siembra directa, se hacía hincapié en el tipo de suelo, antes que en estos factores técnicos. Con el tiempo, los fabricantes de maquinarias comenzaron a producir equipos eficientes y la industria química hizo lo suyo, proveyendo herbicidas con mejoras.

Según Derpsch (1998), Duperial (ICI) fue una de las primeras empresas que se comprometieron en la difusión del sistema, a través de la promoción de actividades de investigación, reuniones y días de campo. Esta compañía, también, estableció un proyecto de cooperación con el INTA (Marelli, 1995). Entre otros aportes de este proyecto, se realizó una Conferencia Nacional de Siembra Directa en la Estación Experimental INTA Marcos Juárez en 1977 (INTA, 1977).

Desde aquel tiempo, INTA desarrolló proyectos de investigación y extensión de siembra directa dirigidas a algunas áreas productivas del país. En 1979, se realizó la segunda Conferencia Nacional de Siembra Directa en Rosario, Santa Fe (Derpsch, 1998).

Durante las primeras épocas, la siembra directa se asociaba con la protección del suelo de los efectos erosivos (viento y agua). Además, permitía implantar la soja de segunda sobre trigo, “sin mover” la tierra. Sin embargo, al demostrarse que la siembra directa podía aplicarse en forma continua, reduciendo la compactación del suelo, algunos productores pioneros, de a poco, se animaron a hacer experiencias en lotes de producción, utilizando todos los cultivos de la secuencia (Sambito, 2008).

Entre 1985 y 1986, el INTA comienza un Proyecto de Agricultura Conservacionista (PAC) para dar respuesta al problema de degradación y erosión de los suelos, consecuencia de la agriculturización en la pampa central. Este proyecto tenía como fin la integración y el intercambio entre investigadores, extensionistas, asesores privados, productores, empresas y otras instituciones, haciendo experimentaciones adaptativas en campos de productores. De esta manera, se accedió a una “red” de datos que abarcaba 5 millones de hectáreas. Bajo este proyecto convivían todas las labranzas conservacionistas: las que dejan al menos 30% de rastrojo en superficie; las rotaciones de cultivos gramíneas, trigo y maíz, con soja; el uso de abonos verdes; la fertilización racional; la sistematización de suelos para controlar la erosión en aquellas situaciones graves y por supuesto, la siembra directa.

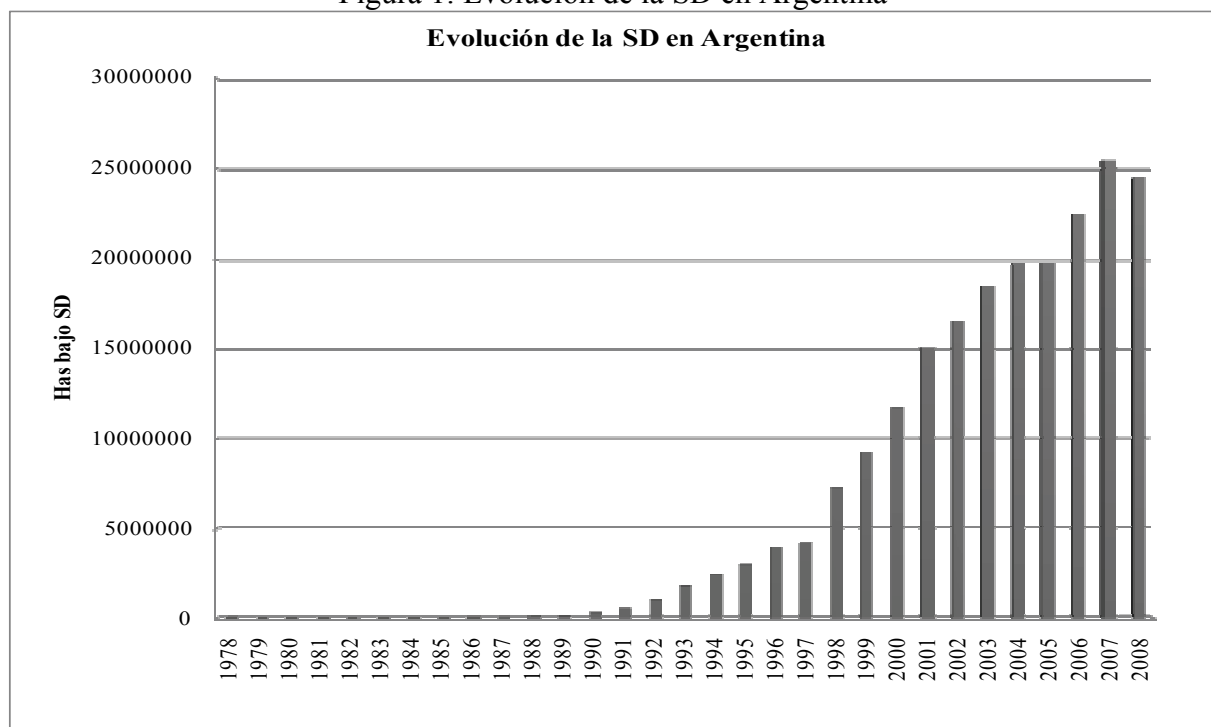
El proyecto se desarrolló en 100 establecimientos demostradores, ubicados en el Norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe, Sudeste de Córdoba y Sudoeste de Entre Ríos. En sus inicios, la cantidad de hectáreas sembradas bajo siembra directa eran entre 2 y 3 mil. En el término de 3 a 4 años, a través de la difusión, capacitación, publicaciones técnicas y reuniones de campo en parcelas demostrativas, la superficie bajo siembra directa llegó a 100 mil hectáreas (Senigagliesi, 2000).

En 1989, se formó Aapresid (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa), siendo en Argentina, un hito en la difusión de tecnología en siembra directa, facilitando su implementación a lo largo del país. Para Trigo *et al.* (2009) Aapresid se ha transformado en la cara institucional de la red de innovación que sustenta el desarrollo y difusión de la SD en Argentina, integrando representantes de todos los *stakeholders*.

Si bien en los primeros años la principal limitante para su pronta adopción fue la maquinaria, actualmente casi 30 fabricantes distintos de Argentina están vendiendo sembradoras de siembra directa. El desafío en el presente es su implementación como sistema, más que como una mera técnica de labranza. En la década del '90, se intensificó la producción bajo SD. Sin embargo, esta producción no se ha hecho teniendo en cuenta el concepto de sustentabilidad, en su totalidad, debido al fenómeno de la sojización, sobre todo, cuando es practicada como monocultivo. Esto trae consecuencias negativas, desde que genera dependencia económica en la producción de esta oleaginosa y es riesgoso para mantener el sistema en términos sustentables. La siembra directa es una tecnología que debe practicarse con rotación de cultivos, como condición necesaria y suficiente. "...si no tenemos una rotación que incluya gramíneas como el maíz, sorgo, trigo u otros cultivos, la degradación del suelo es difícil de detener. Por otra parte, el riesgo de enfermedades y plagas es infinitamente mayor en monocultivo que en rotación" (Senigagliaesi, 2000).

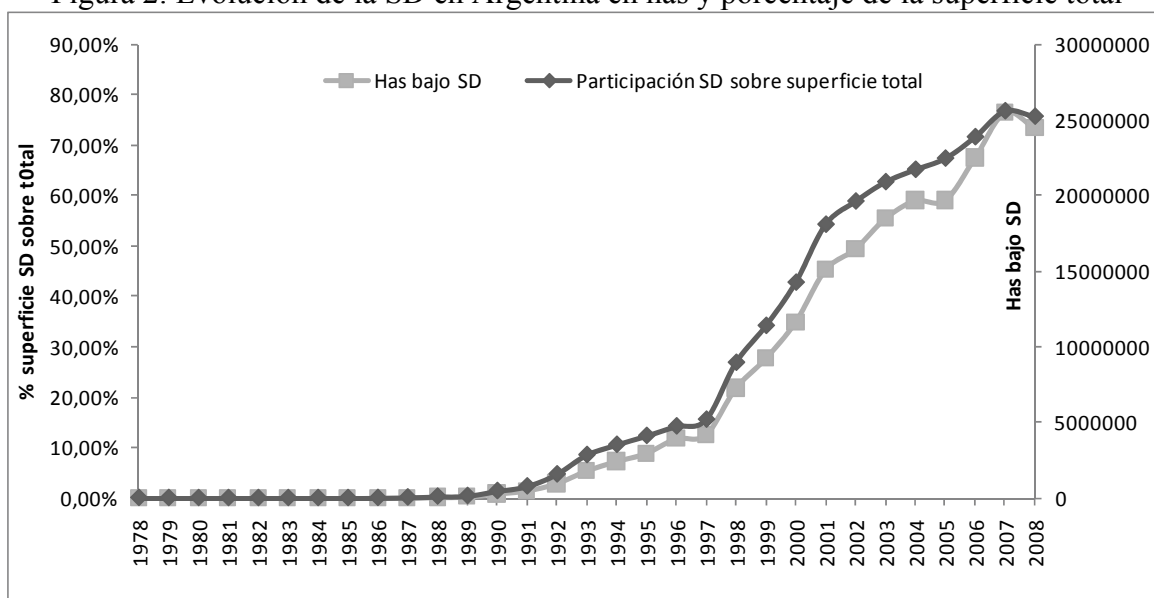
Sobre la base de lo expuesto, al analizar el ritmo de adopción de la SD en Argentina, se observa que su evolución se caracterizó por un crecimiento positivo, pero lento desde los inicios del período analizado hasta mediados de la década de los '80. En un segundo período, entre 1986 y 2001, la expansión se acentúa evidenciando un crecimiento exponencial a partir de la segunda mitad de la década de los '90, hito coincidente con la introducción de la soja resistente al glifosato (Soja RR) en nuestro país. A partir del 2002, la tecnología parece entrar en un período de maduración y saturación, dado que los porcentajes de este sistema de labranza sobre los totales cultivados se mantienen altos.

Figura 1: Evolución de la SD en Argentina



Fuente: AAPRESID (2009).

Figura 2: Evolución de la SD en Argentina en has y porcentaje de la superficie total



Fuente: INDEC y AAPRESID (2009).

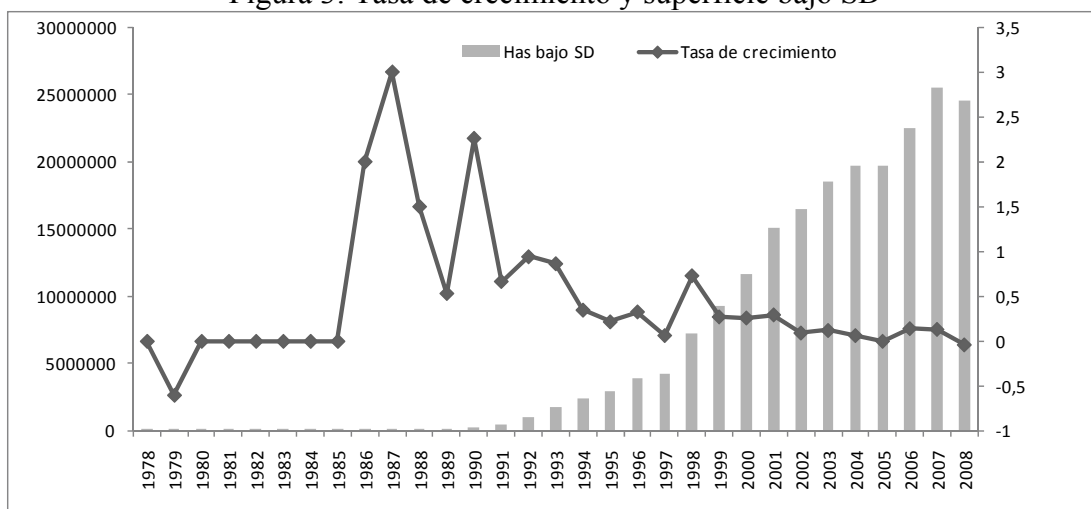
La tasa de crecimiento promedio para el período analizado (1978-2008) es de 47,33%. Sin embargo, descomponiendo la muestra en sub-períodos por quinquenios, se pueden obtener las tasas promedios presentadas en la Tabla 1. Por último en la Figura 3, se exhibe la tasa de crecimiento anual en conjunto con la información de la superficie cultivada bajo el sistema de SD.

Tabla 1: Tasa de crecimiento promedio de la SD por quinquenio

Quinquenio	Tasa de crecimiento media de SD
1979-1983	-12.00%
1984-1988	130.00%
1989-1993	105.34%
1994-1998	33.78%
1999-2003	20.83%
2004-2008	6.03%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Aapresid (2009).

Figura 3: Tasa de crecimiento y superficie bajo SD



Fuente: Elaboración propia

A partir del 2009, y promovido por Aapresid, se instauró un programa de Agricultura Certificada que tiene por objetivo avalar la SD como técnica productiva sustentable, a través de indicadores básicos y protocolos de calidad de gestión. Esto provee un incentivo adicional para la adopción de dicho sistema.

4.1.1. Evolución de la SD por provincia

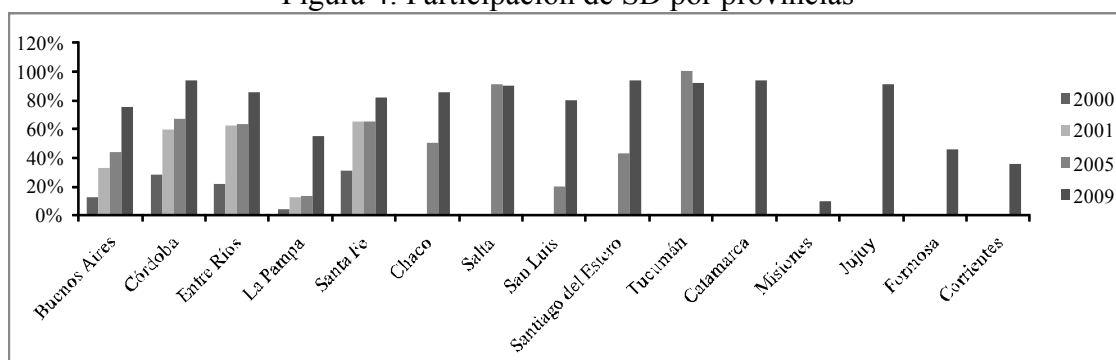
En la Tabla 2, se presenta la evolución de la Siembra Directa medida como porcentaje del total de la superficie implantada con cereales, forrajes y oleaginosas por provincias (Campañas 2000, 2001, 2005 y 2009).

Tabla 2: Participación de SD en la superficie implantada por provincia

Provincia	2000	2001	2005	2009
Buenos Aires	13%	33%	45%	76%
Córdoba	29%	60%	67%	94%
Entre Ríos	22%	63%	64%	86%
La Pampa	5%	13%	14%	55%
Santa Fe	31%	65%	65%	82%
Chaco	0%	0%	50%	86%
Salta	0%	0%	91%	90%
San Luis	0%	0%	20%	80%
Santiago del Estero	0%	0%	43%	94%
Tucumán	0%	0%	100%	92%
Catamarca	0%	0%	0%	94%
Misiones	0%	0%	0%	10%
Jujuy	0%	0%	0%	91%
Formosa	0%	0%	0%	46%
Corrientes	0%	0%	0%	36%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INDEC y Aapresid

Figura 4: Participación de SD por provincias



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INDEC

Observando los datos referidos a la participación de la SD sobre el total de la superficie implantada por provincia para distintos momentos temporales, puede inferirse indirectamente, cómo ha sido la expansión de la frontera agrícola en zonas que tradicionalmente no se dedicaban a la producción de granos (como la Región Noroeste y Noreste).

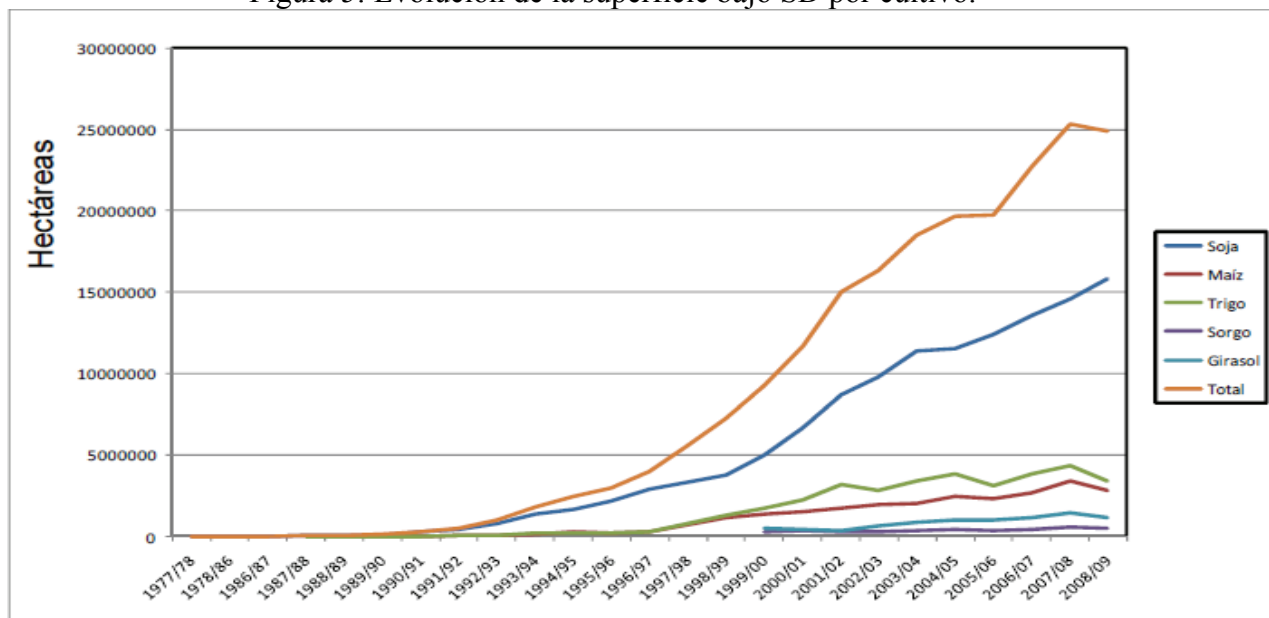
Las provincias con mayor implementación del sistema de labranza de SD, en términos relativos respecto a su superficie cultivada total, son Córdoba, Catamarca, Santiago del Estero, Tucumán, Jujuy, Santa Fe, Chaco, Salta. De ellas, las que tradicionalmente realizan producción agrícola extensiva y pertenecen a la zona productiva núcleo de Argentina (Región Pampeana) son Córdoba y Santa Fe.

4.1.2. Evolución de la SD por cultivo

La soja es el cultivo que abarca la mayor superficie agrícola del país. En coincidencia con ello, es también el cultivo cuya superficie más se ha incrementado en relación a las hectáreas con SD, representando en todos los años más del 50% de la producción de las hectáreas bajo este sistema de labranza.

El nivel de soja aumenta en la misma intensidad que el total de superficie bajo SD, siendo la curvatura muy similar a partir de la segunda mitad de la década del '90, hecho que puede ser asociado a la introducción soja RR en el país.

Figura 5: Evolución de la superficie bajo SD por cultivo.

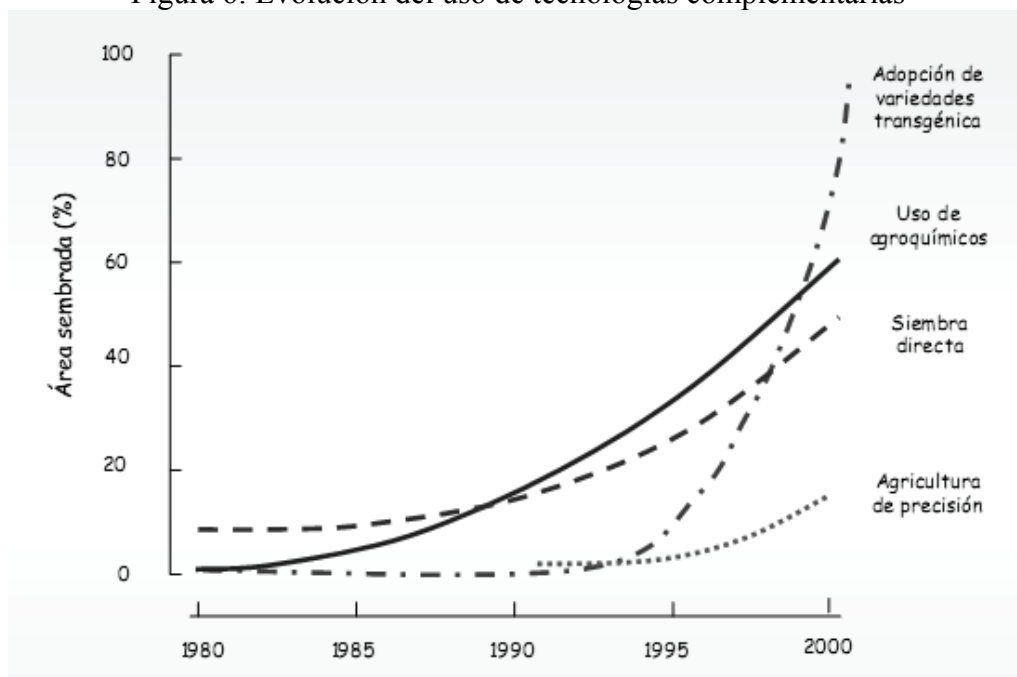


Fuente: AAPRESID (2009)

4.1.3. Evolución de otras innovaciones complementarias

Como es esperable por la necesidad de su desarrollo conjunto, la implementación de innovaciones complementarias al sistema de siembra directa, como el uso de agroquímicos, la agricultura de precisión y la adopción de variedades transgénicas, tuvo una aceptación similar a lo largo del tiempo en relación a este sistema de labranza. Este hecho puede observarse en la Figura 6 (Satorre, 2005), en la que se presentan curvas de introducción y adopción de distintas tecnologías en la agricultura pampeana argentina para el período 1980-2000.

Figura 6: Evolución del uso de tecnologías complementarias



Fuente: Adaptado de Satorre (2005).

4.2. LA SD EN EL SO BONAERENSE

4.2.1. Dificultad en la adopción de la SD en el SO bonaerense

Al tratarse el SO bonaerense de una zona marginal, las limitantes edafo-climáticas sobre los rendimientos de las actividades agropecuarias y sus bajos niveles de producción promedio, imponen serias restricciones al desarrollo y la adopción tecnológica.

Esta situación se evidencia en la tardía incorporación del sistema de siembra directa en los establecimientos agrícolas pertenecientes al SO bonaerense. Mientras que en la Argentina en la década del '70 comenzaban los primeros ensayos con dicha tecnología, su incorporación en las explotaciones de la zona se dio en los años 1988/89.

Se encuentran un número considerable de razones por las cuales la técnica no tuvo el desarrollo esperado en la región. Entre ellas, se identifican los buenos resultados económicos que generaba la labranza convencional, producto de un esquema de fertilidad aceptable, alcanzado por el desarrollo de 5 años de agricultura en rotación con pasturas. Esta situación aparejó una fuerte convicción en los productores a favor de LC en sistemas mixtos con rotación. Por otra parte no se contaba con disponibilidad de maquinarias agrícolas adecuadas para llevar adelante las tareas de siembra y de control de plagas, así como tampoco existía un asesoramiento técnico propicio para orientar a los productores sobre las bondades de la práctica.

La SD es un sistema que en su aplicación requiere del desarrollo de tecnologías complementarias, como es el caso de la fertilización mineral. Esta práctica conlleva una alta erogación financiera asociada a una gran volatilidad en los precios de los fertilizantes. Asimismo, implica una gran variabilidad de respuesta de los rendimientos, condicionada principalmente por los altos niveles de riesgo climático de las precipitaciones en el SO bonaerense. Otra de las tecnologías complementarias es el control de malezas mediante el uso de herbicidas. La no adopción de dicha tecnología se encuentra asociada al desconocimiento o

falta de información de los motivos y/o beneficios de su utilización. Con lo cual los productores de la zona, si deciden su incorporación, generalmente lo hacen según las condiciones del año y la relación precio insumo-producto. Esta información derivada, estaría apuntando que la no adopción de esta tecnología se explica por el desconocimiento de sus beneficios, lo cual demuestra que requiere de mayor información al productor.

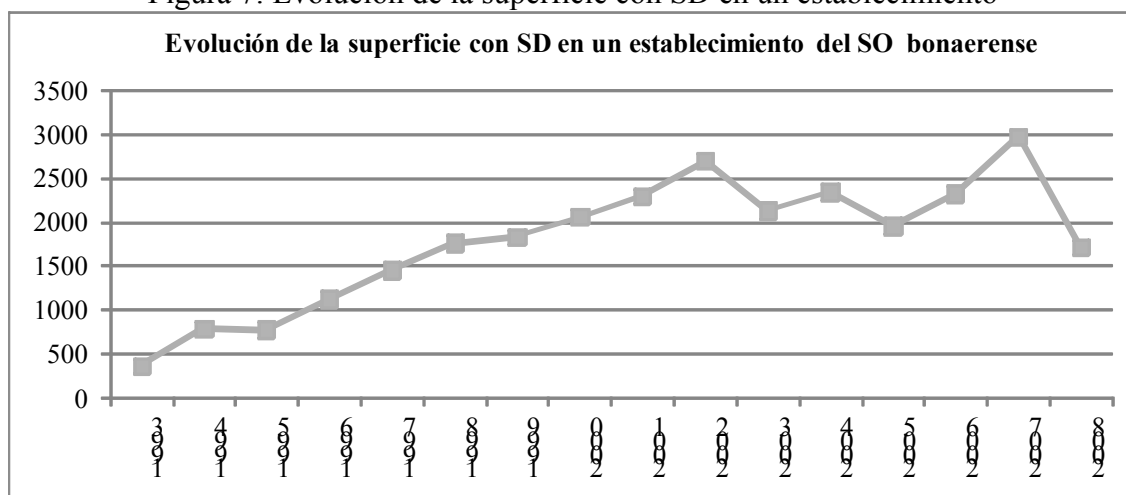
4.2.2. Estudio de caso: Hogar Funke, un establecimiento en el SO bonaerense

La incorporación de la SD como sistema de labranza se analizó en un estudio de caso a partir de las investigaciones realizadas por Durán, Galantini, Scoponi, Sánchez, Chimeno, Cordisco, Pesce, Oliveras, Merino y De Batista (2010); Galantini, *et. al.* (2006) y Galantini, *et. al.* (2007).

4.2.2.1. Evolución de la adopción de la SD

Se presenta la evolución de la superficie con SD en un establecimiento pionero en la implementación de este sistema de labranza en el SO bonaerense, desde el año 1993 al 2008.

Figura 7: Evolución de la superficie con SD en un establecimiento



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Hogar Funke

Se observa que la superficie implantada bajo SD es creciente en el período 1993-2002, luego del cual se estabiliza, con algunas oscilaciones explicadas por ajustes hechos en el planteo productivo frente a las condiciones climáticas.

4.2.2.2. Demostración empírica de los beneficios de la SD (Hogar Funke)

Es posible observar que el rendimiento promedio para el período de estudio en SD fue de 2,55 ton. Ha⁻¹ respecto a 2,15 ton. Ha⁻¹ en LC, evidenciándose una mayor estabilidad en el primero (CV ^[1]: 41%) respecto al segundo (CV: 56%). Esto demuestra que el sistema de SD presenta mayor productividad y estabilidad que la labranza convencional.

En cuanto al ahorro en costos de labores (excluida la cosecha) para SD, este equivale en promedio a 57 Lt. de gasoil ^[2] ha⁻¹ año⁻¹. Con respecto a la reducción de la utilización de la mano de obra, se observa un ahorro por parte de la SD en promedio de 0,73 Hs. Ha⁻¹. A su vez las menores labores implicaron una reducción en el consumo de combustibles para el periodo bajo estudio, que en promedio asciende a 8,32 lt. Ha⁻¹ año⁻¹.

Teniendo en cuenta las bondades de la SD sobre las propiedades físicas del suelo, es posible observar que la SD presenta una densidad aparente de 1,39 mg/m³, mientras que la LC es de 1,28 mg/m³, estos valores demuestran que la SD mantiene una mayor masa de suelo que

la labranza convencional. Con respecto a la pérdida de suelo para el período analizado, la LC produjo una pérdida adicional de $11,70 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}$, que en términos de nutrientes equivale a $31 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}$ de nitrógeno y $9,38 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}$ de fósforo.

En cuanto a las propiedades químicas del suelo, si se tiene en cuenta el porcentaje de materia orgánica particulada con respecto a la materia orgánica total que mantiene cada sistema, con el objetivo de medir el impacto sobre el suelo de ambas prácticas, se observa que la SD presenta un mayor valor que la LC, 9,72% y 7,7% respectivamente. Otro aspecto que es interesante analizar, ante similares niveles de textura, son las variaciones en materia orgánica (MO) como producto del sistema de labranza adoptado ^[3]. El valor se expresa en términos porcentuales e indicaría que a mayor valor, mayor cantidad de MO, y con él, mayor calidad y productividad del sistema. Para el caso bajo estudio se observa para SD un valor de 5,13% y mientras que para LC es de 4,65%, mostrando mayor calidad y productividad el sistema de SD. En cuanto al aporte de carbono orgánico total de cada uno de los sistemas para el caso bajo estudio, la medición efectuada indica que la SD genera un mayor aporte que la LC, un 4,62 % y un 4,22% respectivamente.

Por tratarse el SO bonaerense una zona semiárida, la eficiencia en el uso del agua resulta un aspecto de gran interés. En el caso bajo estudio se determina que la SD presenta una eficiencia en el uso del agua mayor, de $6,05 \text{ kg. grano mm. H}_2\text{O}^{-1}$, mientras que en el caso de la labranza convencional es de $4,96 \text{ kg. grano mm. H}_2\text{O}^{-1}$. De esta manera queda demostrado que la SD permite un mejor aprovechamiento de las lluvias, debido a tasas más altas de infiltración y menor evaporización posterior.

Para finalizar el estudio de las bondades de la SD, se analiza el aspecto económico. En este se determina la contribución marginal para cada uno de los sistemas antes y después de computar los costos ambientales. En promedio, surge que el sistema de SD aporta una mayor contribución marginal por hectárea para cubrir los costos fijos del establecimiento bajo estudio, tanto antes como después de contabilizar los costos ambientales. La contribución marginal para SD antes de costos ambientales es de US\$ ^[4] $231,43 \text{ ha}^{-1}$, mientras que para la LC es de US\$ $151,79 \text{ ha}^{-1}$. Para el cálculo de las contribuciones marginales después de costos ambientes, se utiliza el método de costos de reposición, el cual se asienta sobre el balance de nutrientes. Con el objetivo de determinar los costos ambientales de cada uno de los sistemas de labranza para el periodo bajo estudio, se establece y valoriza la reposición de nutrientes con base en su balance. De esta manera se calculan las contribuciones marginales después de costos ambientes, las mismas ascienden para SD a US\$ $88,30 \text{ ha}^{-1}$ y para LC a US\$ $36,93 \text{ ha}^{-1}$. Manteniendo los costos ambientales una participación en la contribución marginal del 62% en el caso de SD y del 76% en LC. Si dentro de este análisis se considera la pérdida adicional de suelo debido a la erosión que produjo la LC, se obtiene un resultado equivalente a $11,7 \text{ t. ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Al cuantificar la misma en términos de pérdida de N y P, por el método del costo de reposición, la LC presenta un mayor costo ambiental de US\$ $123,73 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, lo que genera que la contribución marginal tome valores negativos en esta última práctica.

5. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS OBSERVADOS

5.1. EVOLUCIÓN EN ARGENTINA Y EL SO BONAERENSE

a) Velocidad de difusión de la tecnología

Del análisis realizado se observa que la adopción de la SD sigue el formato de una curva tipo “S” a nivel nacional (Figuras 1, 2 y 3). En los primeros años del período analizado (hasta

el año 1985) el crecimiento de la SD presenta una baja velocidad de difusión. En un segundo período, entre los años 1986 y 2001, el proceso de expansión de esta tecnología se acentúa, presentando tasas de crecimiento de entre 7% y 300% por año, con una evolución anual promedio de 89,27%. A partir del 2002 hasta la actualidad, esta difusión desacelera su ritmo de crecimiento lo que puede estar indicando que la tecnología se encuentra en una fase madura, ocurriendo una saturación en el uso de la misma.

Similar comportamiento se observa en el caso de estudio del establecimiento del SO bonaerense (Figura 7), que ha sido pionero en la implementación de SD en la región. No obstante del análisis de los porcentajes de superficie bajo esta práctica para la campaña 2010/2011 (entre 50% y 60% promedio), puede inferirse que la ampliación de conocimiento través de investigaciones agronómicas sobre la nueva tecnología adaptada a las condiciones del sitio, hacen que no haya culminado aún su fase de expansión a nivel local.

b) Actividades de invención y perfeccionamiento de los inventos

Se advierte que la actividad inventiva se ha dado en forma continua y permanente desde el inicio, con el propósito de superar los obstáculos que impedían la difusión de la SD. Estos estaban fundamentalmente asociados a tecnologías complementarias, como maquinarias y agroquímicos para control de plagas, participando en este proceso empresas de insumos, fabricantes de maquinaria agrícola y organismos públicos de investigación. Se destaca la actividad del INTA en la difusión de la SD a partir de la década del '80, complementada fuertemente por la acción de Aapresid. También se evidencia un perfeccionamiento de la técnica a través del tiempo con el fin de adaptarla a diferentes condiciones regionales, mediante la labor conjunta de investigadores del INTA, de universidades nacionales y de Aapresid, institución que actúa como nexo para facilitar la transferencia tecnológica a través de sus diferentes divisiones regionales.

La actividad inventiva se centró en el desarrollo y adaptación de insumos (como modificaciones genéticas a las semillas, por ejemplo para hacerlas resistentes al glifosato; nuevos productos agroquímicos para el control de plagas), de equipamientos (tal como la sembradora de siembra directa) y de técnicas.

c) Desarrollo de habilidades técnicas entre los usuarios

Se observa el desarrollo de habilidades técnicas entre los usuarios (*learnig by using*) en virtud del trabajo en red y de las capacitaciones promovidas por Aapresid. También se ha dado el desarrollo de habilidades en la fabricación de maquinarias (*learnig by doing*), que amplió la oferta de proveedores. En el SO bonaerense ha permitido reconvertir el parque de maquinarias a través de planes canje.

A partir del 2009, Aapresid inicia el programa de Agricultura Certificada (AC) que busca avanzar en la adopción de la SD como sistema, no como mera técnica de labranza. Ingresar al mismo exige adquirir nuevas habilidades para garantizar la gestión ambiental de los sistemas productivos, reforzando los procesos de capacitación, transferencia y aprendizaje individual y colectivo.

Por su parte, el INTA realiza investigaciones y charlas de asistencia técnica sobre el planteo de siembra directa.

d) Complementariedad entre las técnicas desarrolladas

Como se mencionó, la SD es un sistema y requiere de tecnologías complementarias. Del análisis efectuado surge que la evolución de la SD fue acompañada por el desarrollo de estas, ya que las dificultades de la fase inicial de implementación, que generaron un crecimiento lento de esta tecnología, estuvieron ligadas a la falta de maquinarias adecuadas e insumos para el control de plagas.

e) Contexto institucional

El contexto institucional facilitó la difusión de la SD en Argentina, principalmente a través de la labor del INTA y de Aapresid. Esta última institución es la que cumple un rol fundamental como hacedora de la red de innovación para la difusión del sistema, integrando a diferentes *stakeholders*.

También cabe resaltar, que la cultura de los productores primarios ligada a las condiciones agroecológicas de su región constituye un factor social relevante en la decisión de adopción. Se advierte en la región más productiva de la pampa, una propensión mayor que en el SO bonaerense, puesto que los beneficios de la SD se perciben en un lapso de tiempo menor, siendo más estables las condiciones climáticas que afectan los rendimientos. Por otra parte, la mayor productividad otorga más margen económico al productor, por lo cual su actitud frente al riesgo no es tan conservadora como en el SO de la provincia de Buenos Aires.

f) Establecimiento de un paradigma tecnológico dominante

A nivel nacional la expansión de la SD ha seguido el proceso de agriculturización y su difusión pareciera ya encontrarse en la tercera fase de evolución, cristalizándose como un paradigma tecnológico dominante. Actualmente se está profundizando este proceso a través de la gestión ambiental y del conocimiento que implica implementar protocolos de Agricultura Certificada (AC). Por lo tanto, se espera que el aumento en la superficie con SD en las regiones más productivas no sea tan significativo como el salto cualitativo en el empleo de esta tecnología.

A nivel regional, en el SO bonaerense aún hay capacidad de expansión de la SD, cuestión que dependerá del éxito de las actividades de difusión de investigaciones y experiencias adaptadas a las condiciones de la región, que como se mencionó, demuestran sus beneficios, para que puedan superar las barreras culturales. Esto significa que en término de la curva “S”, la tecnología en esta zona se encuentra aún en la fase creciente de su evolución, por lo que no puede afirmarse que constituye un paradigma tecnológico dominante.

5.2. ANÁLISIS COMPARATIVO CON EL CASO BRASILEIRO

Comparando los resultados obtenidos con los presentados por Nayar Hoff, Ávila Pedrozo, Santos Freitas y Pavinato (2010), pueden hacerse las siguientes reflexiones:

Semejanzas en la adopción de la SD:

- La evolución de la implementación de la SD, tanto en Brasil como en Argentina, sigue el formato de una curva tipo “S”.

- La incorporación se dio en la década del '70 frente a la preocupación por la degradación del suelo a través de experiencias independientes y actividades de investigación.
- La falta de tecnologías complementarias en ambos países demoró el auge en la implementación de esta nueva tecnología es su primera etapa, que se extendió aproximadamente hasta la década del '90.
- ICI Duperial junto a INTA (Argentina) o a su equivalente Embrapa (Brasil), fueron dos actores importantes para aumentar el conocimiento de esta tecnología en la primera etapa de difusión.
- En ambos países se destaca como una tecnología complementaria de relevancia, la introducción de la soja RR en su carácter de impulsora en la difusión de la SD.
- El desarrollo de tecnologías complementarias y la capacitación técnica fomentó la expansión de la SD en la segunda fase de crecimiento.
- Los motivos que llevaron a los agricultores a adoptar el sistema de SD, en general, son semejantes en ambos países. A saber: reducción de costos de labores, aumento de la productividad, reducción de los impactos ambientales negativos, existencia de apoyo institucional para la capacitación de los productores.
- Se observa un trabajo conjunto de diferentes instituciones para adaptar la tecnología a condiciones particulares de cada región.
- En ambos países se ha avanzado en protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas.

Diferencias en la adopción de la SD:

- En Argentina, la participación de la SD sobre el total de superficie implantada es mayor que en la zona de Rio Grande do Sul de Brasil para la mayoría de los años analizados, hasta el 2004.
- Se advierte la existencia de un mayor número de actores en Brasil involucrados en la difusión de la SD (Embrapa, FEBRAPDP, cooperativas de SD, Club de Amigos de la Tierra y asociaciones sin fines de lucro). Mientras que en Argentina, Aapresid es el agente promotor de mayor importancia que nuclea la red de innovación en la difusión tecnológica de esta técnica.
- En Brasil, el hito que demarca el inicio de la segunda fase es el Proyecto METAS (Embrapa). En Argentina la difusión comenzó con la labor de investigación del INTA, pero la gran expansión surge con actividades de difusión más importantes a cargo de Aapresid.
- En la región de Rio Grande do Sul no puede afirmarse que la difusión tecnológica se encuentra en la tercera fase de evolución, pudiendo aún haber capacidad de expansión del área plantada bajo siembra directa. Por el contrario, en Argentina puede inferirse que su desarrollo se encuentra en la fase de madurez, teniendo en cuenta la baja en la tasa de crecimiento y la estabilización en la superficie cultivada con esta tecnología. No obstante, en el SO bonaerense la adopción de la SD no sigue la misma evolución, principalmente por un desfase temporal en su incorporación, que permite esperar una expansión mayor en la superficie sembrada.

6. CONSIDERACIONES FINALES

La SD, como una de las innovaciones tecnológicas importantes dentro del sector agropecuario, sigue en Argentina el formato de una curva tipo “S” de difusión tecnológica propia de la industria, considerando la estructura analítica propuesta por Nayar Hoff, Ávila Pedrozo, Santos Freitas y Pavinato (2010). No obstante, se trata de una primera apreciación

que presenta limitaciones relacionadas a la disponibilidad de datos y a las zonas seleccionadas para el análisis.

Se propone continuar esta línea de investigación con la expansión del estudio a otras regiones productivas del país, contemplando el fenómeno de agriculturización y de expansión de la frontera agrícola, proceso que se está acentuando en los últimos años. Asimismo, se sugiere profundizar el estudio de la evolución de las tecnologías complementarias a fin de confirmar su causalidad en la difusión de la SD. Otra cuestión a analizar es la relación de la estructura fundiaria con la propensión en la adopción de dicha tecnología. Por último, sería interesante indagar cuáles son los factores subyacentes en la cultura de los productores de distintas regiones que puedan explicar el patrón de adopción de la tecnología; y en qué medida puede llegar a incidir el cambio generacional en las empresas de tipo familiar.

NOTAS

[1] Coeficiente de variación.

[2] Precio de gasoil YPF: \$ 2,25/L. Fuente: Revista CREA, Marzo 2008.

[3] Si se tratase de texturas diferentes no sería posible asignarle la responsabilidad en las variaciones de MO al manejo realizado, puesto que en suelos de texturas más finas, hay mayor cantidad de MO, con lo cual, la textura influye en este indicador.

[4] Se considera el tipo de cambio promedio (\$/US\$) del mes de Marzo de 2008 con base en la cotización del Banco Central de la República Argentina (\$3,16/US\$).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aapresid (2009). Evolución de la superficie bajo Siembra Directa en Argentina. Disponible en: http://www.aapresid.org.ar/images/cms/assets/docs/aapresid.evolucion_sd_en_argentina_2009.pdf [Marzo 2011].
- Cimadevilla, G. (1999). Difusión de Innovaciones Ambientales. La teoría ausente. Publicado en los Anales del Congreso da Escola de Comunicação e Artes (ECA). Universidad de San Pablo, Brasil.
- CTIC (1992). 1992 National survey of conservation tillage practices, CTIC, West Lafayette, IN, EEUU.
- Derpsch, R. (1997). Importancia de la Siembra Directa para obtener la Sustentabilidad de la Producción Agrícola, Publicado en los anales del "V Congreso Nacional de Siembra Directa de AAPRESID", Mar del Plata, en: <http://www.rolf-derpsch.com/notill.htm>. [Mayo 2008].
- Derpsch, R. (1998). Historical review of no- tillage cultivation of crops, Proceedings. The 1st JIRCAS Seminar on Soybean Research. No-tillage Cultivation and Future Research Needs, March 5-6, 1998, Iguassu Falls, Brazil, JIRCAS Working Report No. 13, p 1 - 18, en: <http://www.rolf-derpsch.com/notill.htm>. [Mayo 2008].
- Durán, R.; Galantini, J.; Scoponi, L.; Sánchez, M.; Chimeno, P.; Cordisco, M.; Pesce, G.; Oliveras, G.; Merino, L.; y De Batista, M. (2010). "Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense: medición y exposición de sus beneficios y costos ecológicos para sustentar el gerenciamiento ambiental de la empresa rural socialmente responsable". Proyecto de Grupo de Investigación 24/C021. Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur.

- Galantini, J. A.; Iglesias, J.O, Mainero, C., Santiago, L. (2006). Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. *RIA*, 35-1: 15-30. Abril de 2006. INTA, Argentina.
- Galantini, J.A., Suñer, L. G., Iglesias, J. O. (2007). Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense; Efectos de largo plazo sobre las formas del fósforo en el suelo. *RIA*, 36 -1: 63-81. Abril de 2007. INTA, Argentina.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/index.asp>. [Marzo 2011].
- Kleine, C. y A. Puricelli. (2001). “Comparación de los rendimientos y algunos parámetros químicos luego de varios años bajo LC y SD en el sudoeste de Buenos Aires”. *Informaciones Agronómicas INPOFOS* 12: 15-19.
- Lissoni, F. y Metcalfe, J. S. (1996). Diffusion of innovation ancient and modern: a review of the main themes. En Dodgson, M. y Rothwell, R. *The handbook of industrial innovation*. Edward Elgar, Reino Unido.
- Lorenzatti, S. (2008). Capítulo 12: “La importancia de las buenas prácticas agrícolas en la mitigación del daño ambiental” en *Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable*. Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.
- Moraes Sa, J.C. (2003). *Rastrojos: Alimento del suelo*, X Congreso Nacional de AAPRESID, Rosario (SF), p.135-138.
- Nayar Hoff, D.; Ávila Pedrozo, E.; Santos Freitas, A.; Pavinato, A. (2010). Percurso da difusão da inovação tecnológica no agronegócio: o caso do plantio direto no Rio Grande do Sul. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, 31,2: 477-502.
- Rogers, E. (1976). New product adoption and diffusion. *Journal of Consumer Research*, 2: 290-301.
- Sambito, F. (2008). Siembra directa, con visión holística, en: www.revistaconcienciarural.com.ar. [Junio 2008].
- Satorre, E. (1998). “Aumentar los rendimientos en forma sustentable en la pampa argentina: aspectos generales” Cap. 4 *Hacia una agricultura productiva y sostenible en el pampa*, Solbrig y Vainesman (compiladores), Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, 1998, pág. 73.
- Satorre, E. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy* 15-87: 24-31.
- Senigagliesi, C. (2000). Desarrollo de la siembra directa en Argentina, [http://www.cabcbue.com.ar/publicaciones/Premio%20Academia%20\(discursos%20Senigagliesi\).pdf](http://www.cabcbue.com.ar/publicaciones/Premio%20Academia%20(discursos%20Senigagliesi).pdf). [Julio 2008].
- Torres Carbonell, C. (2010). Caracterización y factores de decisión en la adopción tecnológica del cultivo de trigo por productores de mediana a baja escala del sudoseste bonaerense semiárido, Argentina. *Potreros de los Funes*: San Luis. Octubre 2010.
- Trigo, E.; Cap, E.; Malach, V.; Villarreal, R. (2009). The case of zero-tillage technology in Argentina. *IFPRI Discussion Paper 00915*. International Food Policy Research Institute.