

Brasil en el **CLUB OF BOLOGNA**



LA TECNOLOGÍA DEL LABOREO DE CONSERVACIÓN EN LA AGRICULTURA TROPICAL. EL MODELO BRASILEÑO

En la pasada Reunión Plenaria del Club of Bologna, celebrada en Hannover, durante Agritechnica 2009, el Dr. Mantovani presentó una interesante Ponencia, dentro de la Sesión dedicada a la 'Mecanización en la Agricultura Sostenible', cuya síntesis les ofrecemos a continuación.

EVANDRO CHARTUNI MANTOVANI
SGE - EMBRAPA

JOSÉ ELOIR DENARDIN
EMBRAPA Trigo

Evolución de la agricultura brasileña

La agricultura brasileña antes de 1970

En los comienzos de la década de los '70, la situación económica brasileña era inestable, y casi toda la agricultura se centralizaba en las regiones del Sur y Sudeste. Durante este periodo no se abastecía la demanda de alimentos del país, por lo que una parte se importaban, con unos precios altos, y el consiguien-

te aumento de la inflación y pobreza rural y urbana, limitando el desarrollo del país.

La tendencia creciente de la población incrementa la demanda de alimentos; simultáneamente se produce el desplazamiento de la población rural hacia las ciudades, por lo que para estabilizar la economía se necesitaba aumentar la producción agrícola y bajar los precios a los que llegarán los alimentos a los consumidores. Desarrollado la capacidad productora de las zonas del Medio Oeste del país se evitaba la utilización de la cuenca del Amazonas. El Cerrado podía utilizarse como nexo de unión entre las zonas del Sur y del Sudeste, integrando al Nordeste más pobre y poblado

La situación rural marcaba el reflejo de la falta de políticas públicas adecuadas para la agricultura, sin que hubiera una política en investigación agropecuaria pública capaz de modificar la dependencia externa. Dado el tamaño continental del país, con 8.5 millones de km², distribuido en cinco regiones geográficas muy diferentes, se necesitaba una organización eficaz de las instituciones de investigación y una disponibilidad de recursos humanos especializados para desarrollar el conocimiento para las condiciones tropicales.

Primer ciclo para el desarrollo de la agricultura: la tecnología para la producción de alimentos en la década de los '70

La primera opción gubernamental fue la ampliación de la frontera agrícola en el área de los Cerrados, utilizando los suelos con potencial agrícola y mejorando el conocimiento del medio tropical. Así, se crea en 1973 la Corporación de Investigación Agropecuaria Brasileña (EMBRAPA), de control público pero con algunas características de la empresa privada, que en la actualidad dispone de una sede central, 14 divisiones centrales, 40 centros de investigación descentralizados y 3 centros de servicio, distribuidos por todas las regiones del país, más dos laboratorios virtuales y dos unidades de transferencia de tecnología internacionales, con un total de 2 207 investigadores, de los cuales el 27% tiene titulación de Master y el 72% con el grado de Doctor.

Desde su creación, EMBRAPA ha generado y recomendado las tecnologías para la agricultura brasileña, con capacidad para aumentar la producción, aportando nuevo material genético, y coordinando el sistema de Investigación Agropecuario Nacional, y en relación con las instituciones internacionales correspondientes.

Durante los años ochenta, hubo una inversión masiva, a través

del Ministerio de Educación, en un programa de cooperación con las Universidades de EEUU, dirigido a la formación de especialistas en el campo de agricultura. Los resultados de las investigaciones de EMBRAPA desarrollado nuevos cultivares de soja, maíz, trigo, arroz, frijol, algodón, sorgo y otros cultivos menores adaptados a las diferentes regiones, han incrementado las producciones en el 126%, con un aumento del 26% en la superficie cultivada.

Estos incrementos en la producción han tenido como conse-

co a las condiciones de los trópicos, mejorando la utilización de los suelos agrícolas.

El manejo de los suelos en la agricultura tropical

La investigación más intensiva y sistemática sobre la 'siembra directa' se inicia en el IAPAR, Fundación del Instituto Agronómico de Paraná, en Londrina (1976), y cooperando con Imperial Chemical Industries (ICI). En la actuali-



cuencia una reducción en el precio de los alimentos, en términos del coste real de la dieta alimenticia básica en el periodo 1973 a 2007. Tomando para el lote de alimentos básicos el valor de 1.0 para diciembre de 1994, el correspondiente a junio de 2000 fue solo de 0.3. Todo ello en un periodo en que la demanda ha sido creciente por el aumento de la población, produciéndose la mejora real del bienestar de los consumidores

La mejora en el conocimiento, que tuvo su inicio en la formación recibida en el extranjero, ha permitido la innovación de la agricultura brasileña, al adaptar el conocimiento científico y tecnológi-

ca, prácticamente todas las instituciones que trabajan con la investigación en suelos en Brasil lo hacen con 'siembra directa', como EMBRAPA Trigo, en Passo Fundo (Río Grande do Sul), con programas sobre variedades, rotaciones, cultivos de cobertura, mecanización, etc., y un servicio de extensión público y privado, con el objetivo de que el sistema se adoptado por el 100% de los agricultores.

Aunque el aspecto económico fue la prioridad en el primer ciclo de desarrollo de agricultura para garantizar la producción de alimentos abundantes y a bajo coste, esto no se consideraba suficiente, y también se buscaba



desarrollar un modelo de agricultura capaz de acercarse a las exigencias del desarrollo sostenible, en lo económico, social, medioambiental y político, que fue prioritario en el segundo ciclo del desarrollo de agricultura brasileña.

Los sistemas de cultivo tradicionales en los trópicos y subtrópicos, con laboreo intensivo, producían la degradación de los suelos y pérdida de su potencial productivo. Esto lleva a la pobreza y al éxodo de los agricultores de las zonas rurales, que se trasladan a los suburbios de las grandes ciudades creando poblaciones marginales y conflictos sociales. Si se ofrece una oportunidad para la agricultura en pequeña escala, es posible mantener la población rural practicando una agricultura sostenible, cambiando el uso y gestión de la tierra con nuevas prácticas de cultivo.

Las técnicas de manejo de los suelos que inicialmente se utilizan en Brasil se basaban en recomendaciones para los suelos de clima templado, y demostraron que no eran las apropiadas. Los problemas derivados de la aplicación de estas técnicas en suelos tropicales y subtropicales de Brasil fueron la compactación de los suelos y las pérdidas por erosión que llegaban a alcanzar de 30 a 40 t/año.

La causa era la utilización de implementos de labranza que dejan el suelo desnudo y excesivamente pulverizado, con lo que las



LOS SISTEMAS DE CULTIVO

TRADICIONALES EN LOS TRÓPICOS Y SUBTRÓPICOS, CON LABOREO INTENSIVO, PRODUCÍAN LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS



lluvias intensas características del trópico generan compactación y pérdidas de suelo por erosión. En la mayoría las experiencias europeas y americanas se ponía más énfasis en el uso del equipo para la preparación del suelo, prestando poca atención al propio sistema productivo.

Los efectos negativos inevitables del laboreo intensivo y repetido en los trópicos y subtrópicos provocan una reducción de su contenido en la materia orgánica y pérdida de suelo por erosión, afectando a la estructura del suelo, a su temperatura y humedad, a la capacidad de infiltración de agua, y a su contenido de humedad. Se modifican la flora y la fauna del suelo, afectando a los procesos biológicos, con pérdida de nutrien-

tes y degradación biológica y física. Esto produce un descenso de los rendimientos, que hace pobres a los agricultores que los trabajan.

Con el desarrollo de la agricultura tropical, se establecieron procesos innovadores con la mejora del equipo agrícola, nuevas variedades con ciclo más corto, y cultivos de cobertura para el periodo invernal. A partir de 1991 se desarrolla un nuevo concepto de siembra directa, adaptado a las condiciones subtropicales, que permitía resolver la mayoría de los problemas en las regiones del Sur, reduciendo considerablemente las pérdidas de suelo por erosión

Además, en Río Grande do Sul se potenció el ganado lechero pa-



ra pequeños productores, que reemplazaron los cultivos para producir granos por especies forrajeras. Así se pasó de producir 8 millones de litros de leche en 1986 a 340 millones de litros en 2002. En la actualidad, en la producción en esta región es de alrededor de 6 millones de litros de leche por día. Además, en este estado se pasó de 320 000 ha cultivadas con técnicas de siembra directa en 1992, a 3 817 000 ha en 1998, con notable reducción de las pérdidas de suelo por erosión.

Esta experiencia se traslada a las zonas del Oeste Medio del país, en la zona de los Cerrados, con gran apoyo de la industria de la maquinaria agrícola, que, con adecuadas rotaciones de cultivo y la utilización de herbicidas más eficaces y baratos, ha permitido que en 2008 se cultiven en Brasil 25.5 millones de hectáreas con técnicas de siembra directa.

En la actualidad, con estos 25.5 Mha, Brasil ocupa el primer lugar en superficie cultivada en siembra directa, seguido de EEUU con 25.3 Mha., y de Argentina con 18.3 Mha. Para Brasil, la superficie en siembra directa es el 50% del total cultivado, mientras que en EEUU sólo alcanza el 16%.

En la evolución de la superficie cultivada en siembra directa



en Brasil se pueden establecer tres periodos, con una primera fase en la que se inicia la investigación, y que corresponde a los años anteriores a 1979, una segunda fase, que finaliza en 1991, en la que se fijan las bases tecnológicas de la siembra directa, y una tercer etapa, en la que se han resuelto los principales problemas de manejo de esta tecnología, produciéndose un crecimiento exponencial de la superficie cultivada con este sistema de manejo. El Sistema de Investigación Agropecuaria Nacional, el sector privado, y los propios agricultores han contribuido a este desarrollo tecnológico que hace viable la agricultura tropical

Seguidamente se analizan las características principales de las tres etapas consideradas en el desarrollo de la siembra directa en el medio tropical.

Fase I: Principales desafíos para el periodo 1974-1979

Como ya se ha indicado, las primeras experiencias se desarrollan en el Estado de Paraná, y en ellas se cuenta con la colaboración de GTZ (ayuda alemana), con un proyecto de demostración realizado en la explotación de Herbert Bartz, granjero brasileño de ascendencia alemana, utilizando como referencia las experiencias de EEUU y Reino Unido, utilizando una sembradora para la siembra directa de soja en 1972. Fue el primer agricultor que introduce esta tecnología en América Latina.

Según Denardin y colaboradores, los desafíos en esta primera fase fueron los siguientes:

- Había una limitación operacional del equipo, ya que resultaba casi imposible trabajar en siembra directa en zonas en las que el resto de paja del cultivo anterior era muy abundante o falta de tecnología para hacer la siembra con eficacia deseada.
- Los herbicidas de presiembrera eran poco eficaces para controlar las malezas en los campos de cultivo

- El control de la maleza en post-emergencia era poco selectivo y de baja eficacia, resultando muy difícil controlar la maleza con la paja cubriendo la superficie del suelo.
- El alto coste del producto herbicida, ya que, para garantizar la eficacia del tratamiento, los agricultores tenían que aplicar doble dosis de producto del que se usaba en condiciones convencionales.
- La tecnología de aplicación química de los herbicidas en pre y el post emergencia no era satisfactoria.
- El sistema de producción utilizado se basaba en la sucesión del



EN LA

ACTUALIDAD, BRASIL

OCUPA EL PRIMER

LUGAR EN SUPERFICIE

CULTIVADA CON

SIEMBRA DIRECTA,

SIENDO ÉSTA EL 50% DEL

TOTAL CULTIVADO



soja-trigo y soja en monocultivo, con un residuo de la cosecha insuficiente para proteger el suelo, favoreciendo la proliferación de algunos patógenos y el predominio de ciertas especies malas hierbas.

- La mayoría del equipo mecánico no se adaptaba a las condiciones tropicales, por lo que hubo que modificar las sembradoras, dándoles mayor peso, y dotándolas de cuchillas que pudieran abrir el surco en un suelo cubierto de paja.

Los comienzos de la siembra directa en Brasil no fueron fáciles, dada la extensión superficial del país. Las primeras máquinas se



construyeron en 1975/76 sobre la base de una azada rotativa (Howard Rotacaster) con reducida capacidad de trabajo, siendo los únicos herbicidas disponibles el 2.4-D y el Paraquat, y se produjeron abundantes fracasos en esta fase. Sin embargo, la superficie en siembra directa pasó de 1 000 ha en la campaña 1973/74, a 400 000 ha en la de 1983/84

Durante este período, se tomaron decisiones para formar a los técnicos en la tecnología de la siembra directa, y las experiencias realizadas sirvieron de base para resolver los problemas que iban apareciendo. Aunque los agricultores eran conscientes que el aspecto conservacionista era muy importante y había que resolver problemas de erosión y de degradación de los suelos, a pesar de las acciones formación intensiva para transferir esta tecnología, la adopción de la siembra directa por parte de los agricultores era muy baja, y muchos continuaban a la expectativa.

El desafío seguía siendo el desarrollar una tecnología apropiada para nuestras condiciones tropicales.

Fase II: Principales desafíos para el periodo 1979-1991

Como característica más significativa de esta Fase II es el gran

esfuerzo de todas las organizaciones involucradas en el proceso para difundir el conocimiento de la siembra directa mediante reuniones y actividades de la transferencia de tecnología. Se establecieron muchas entidades y clubes, principalmente en los Estados de Río Grande do Sul y Paraná, con el objetivo de extender la siembra directa y para encontrar las soluciones a los problemas que la investigación no había podido resolver todavía.

Para difundir la información, la Cooperativa Agropecuaria Campos Gerais promueve la primera Conferencia Nacional sobre Siembra Directa, que tuvo lugar en Ponta Grossa (Paraná) en 1981. Otras dos conferencias nacionales, celebradas en 1983 y 1985, impulsaron el área bajo siembra directa en lo Campos Gerais de Ponta Grossa, alcanzándose aproximadamente 200 000 ha en 1986, siendo ésta la primera región que incorpora de manera generalizada la técnica de siembra directa en Brasil.

Según Denardin y sus colaboradores, al describir los hechos más importantes que caracterizan esta II Fase, indica los siguientes:

- Diversidad de reuniones de trabajo para el intercambio del conocimiento.

- Mejora del proceso y del equipo.
- Transferencia de la tecnología de la siembra directa mediante la organización de clubes como el 'Worm Club' (club del gusano) en 1979, Club de Amigos de la Tierra (1982), clubes de 'No Laboreo', Asociación de Productores de 'No Laboreo', Asociación de 'No Laboreo para el Cerrado' (APDC).
- Congresos Nacionales de 'No Laboreo' en 1981, 1983 y 1985.
- La Fundación ABC, con la misión de promover la investigación en siembra directa, asociada con servicios de extensión y agricultores.
- Los ensayos realizados por el centro de Investigación EMBRAPA Trigo sobre:
 - La aplicación de la siembra directa en los campos naturales.
 - La mecanización de la siembra directa: sembradoras con el disco triple y el disco doble desfasado.
 - Mecanismos para apertura del surco en siembra directa.
 - Herbicidas de post emergencia más eficaces para el control de la maleza.

La mayor expansión de la siembra directa en Brasil, durante la década de los años noventa, se produjo en los Cerrados, por la influencia de la APDC.

Con la aparición en el mercado de herbicidas más baratos en la década de los noventa, la siembra directa se hizo más fácil de manejar, lo que unido a desarrollo de sembradoras, tuvo un fuerte impacto en la adopción del sistema por parte de los agricultores. Monsanto invirtió considerablemente en la difusión de la siembra directa, probablemente debido a su interés en la comercialización del Glyphosato. Entre los fabricantes de sembradoras para la siembra directa, Semeato ha sido el fabricante nacional que mayor empuje ha dado al desarrollo de máquinas para la siembra directa

y a la tecnología para la implantación de estas tecnologías de cultivo. En 1985, trece máquinas para la siembra directa se comercializaron en Brasil.

Se ha producido un cambio de conceptos muy significativo, ya que la siembra directa incluye un conjunto de tecnologías que abarca diferentes tipos de cultivos, utilizando rotaciones de cultivo adecuadas, para mantener siempre cubierto el suelo con residuos de la cosecha anterior.

Fase III: Principales desafíos para el periodo 1991-2006

La Fase III se puede caracterizar como la de la gran 'Revolución' de la agricultura brasileña, la llamada Agricultura Tropical. El trabajo pionero de Frank Dijkstra y Manoel Henrique Pereira, agricultores y líderes en su comunidad, jugó un gran papel en el desarrollo y difusión de este método de cultivar, no sólo en Brasil, sino también en el extranjero, y de manera especial en toda Latinoamérica.

La tecnología difundida principalmente a los Estados de Santa Catarina y Río Grande do Sul, en el sur del país, ha permitido el empleo continuado de esta técnica, reduciendo los costes de fertilizantes y herbicidas. Durante este período, Denardin y colaboradores, describen como hechos importantes que caracterizan la Fase III los siguientes:

- Disminución sustancial del precio de los herbicidas, que pasan de 48.32 \$US a 8.74 en 1986, y a 4.53 \$US en 2002.
- Proliferación de la siembra directa en Brasil y América (1990/1992), con las Asociaciones de Oeste Medio y la Confederación Americana
- Conversión de los cultivadores convencionales a la siembra directa, producida en 1990, con la introducción de sembradoras para agricultores a pequeña escala, y de mayor tamaño para grandes explotaciones mecanizadas.
- Control integrado de las malezas

- Mejora del potencial para la fijación biológica del nitrógeno
- Desarrollo de cultivares de soja e híbridos de maíz con un ciclo total acortado en 30 días, permitiendo la secuencia de soja-cultivo menor y maíz-forrajera (*Brachiaria spp.*)
- En el año 2000 se utilizan cultivos intercalares con el maíz (*Brachiaria* y *Panicum*) para integrar agricultura y ganadería disponiendo de forraje durante el invierno, como con el sistema 'Santa Fe', una rotación en 'no laboreo' que permite mantener

el campo siempre con cobertura.

- Establecimiento todas las regiones el sistema de siembra directa, adaptando las sembradoras al tamaño de las explotaciones pequeñas
- Transferencia de tecnología con la quina y sexta Conferencia Nacional de 'No Laboreo' organizadas en Goiania (1997) y Brasilia (1998), con más de 2300 participantes en cada una de ellas.

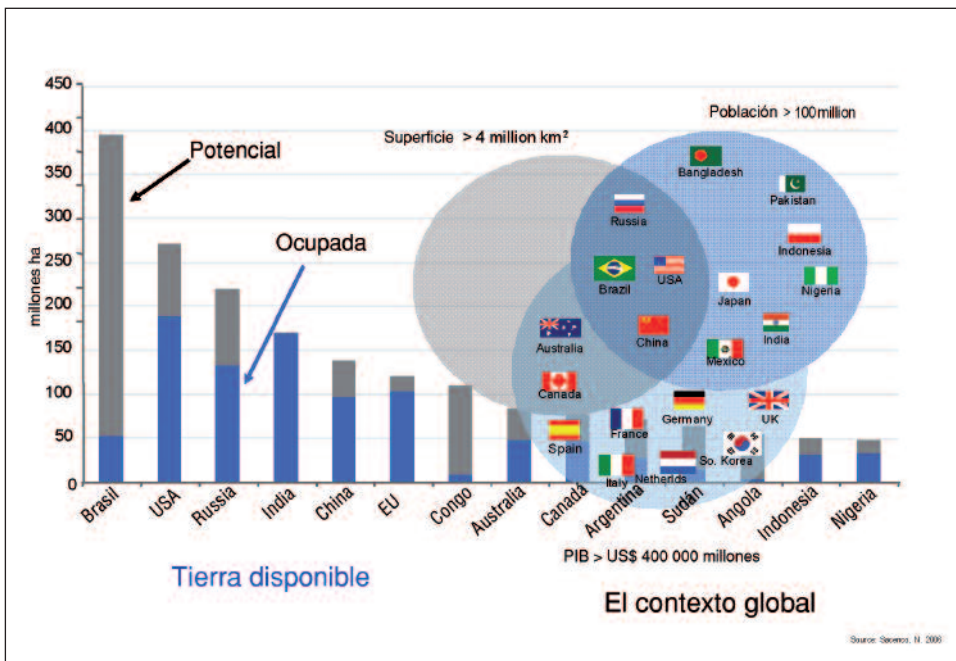
La reducción de los costes de producción con la implantación de la siembra directa probablemente ha sido el motivo principal para la adopción de esta técnica por parte de los agricultores. Los costes de producción por el acre de soja en siembra directa han sido de 27.00 \$US en Argentina, de 14.18 \$US en EE.UU. y de 11.50 \$US en Brasil, siendo la siembra directa la forma de agricultura conservacionista que se utiliza en menos del 50% de la agricultura de EE.UU., y casi el único sistema de conservación practicado en América Latina.

La aceptación de la siembra directa se pone de manifiesto al observar que, si bien el crecimiento de la superficie implantada con este sistema en la II Fase fue de 79 000 ha/año, pasa a ser en la III Fase de 1.9 Mha/año. Una verdadera revolución de la Agricultura Tropical en Brasil

LA REDUCCIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN CON LA IMPLANTACIÓN DE LA SIEMBRA DIRECTA HA SIDO EL MOTIVO PRINCIPAL POR EL QUE SE HA ADOPTADO ESTA TÉCNICA



SUPERFICIES AGRÍCOLAS UTILIZADAS Y POTENCIAL DE CRECIMIENTO FUTURO



Agricultura tropical en el siglo XXI

Durante tres décadas y media una nueva agricultura se ha desarrollado para Brasil, resolviendo el problema inicial de seguridad de alimentaria y ayudando a establecer una agricultura sostenible, prometedora para el Siglo XXI.

Como resultado de este proceso, las empresas agroindustriales brasileñas toman un papel más importante en la economía nacional, respondiendo su producción al 23% del PIB. Las estadísticas demuestran que Brasil ocupa los primeros lugares en la producción y exportación de productos agrícolas y ganaderos.

Por otra parte, dado que más de 80% de la población vive en las ciudades, el sector rural asume la responsabilidad de producir alimentos para el país, con sobrante para la exportación. Los datos del crecimiento demográfico global y nacional, junto con la mejora de los ingresos en amplios sectores de la población, indican que se va a producir un aumento de la demanda de alimentos y la necesidad de aumentar de producción. Entre los pocos países que pueden ampliar su frontera agrícola y aumentar la productividad de las que se encuentran en cultivo está Brasil.

MÁS DEL 80% DE LA POBLACIÓN VIVE EN LAS CIUDADES Y EL SECTOR RURAL ASUME LA RESPONSABILIDAD DE PRODUCIR ALIMENTOS PARA EL PAÍS, CON SOBRENTE PARA LA EXPORTACIÓN

En el gráfico adjunto se presentan las superficies agrícolas utilizadas en diferentes países y el potencial crecimiento de estas superficies, junto con tres círculos que engloban los países con área superior a los 4 millones de km², población de más de 100 millones de habitantes, y PIB de más de 400 mil millones de US\$

Considerado los tres factores indicado, cuatro países entran en esta categoría: China, Estados Unidos, Rusia y Brasil. Teniendo en cuenta la situación agraria, la pro-

ducción presente y la posibilidad de expansión, Brasil se presenta como más capaz extender su agricultura y la oportunidad para la agroindustria brasileña, debido a la gran cantidad de áreas disponibles para la expansión, así como la posibilidad de aumentar la productividad en algunos cultivos. En la región Central de Brasil, una gran superficie de Cerrado puede ser cultivada con garantía de preservación del ambiente.

En este escenario, para la expansión de nuestra agricultura se necesita la modernización de sistemas de la producción –con las técnicas como la agricultura de precisión, nanotecnología, la biotecnología, etc.– y encontrar soluciones para cultivos en pequeñas explotaciones agropecuarias, que son los objetivos que caracterizan al tercer ciclo de desarrollo de la agricultura brasileña. EMBRAPA enfrenta estos desafíos para los próximos 4 a 15 años con su V Plan Estratégico, que incluye programas integrados de producción agrícola, ganadera y forestal, con innovación tecnológica que permita un mayor desarrollo, mejorando los pastos (50 millones de hectáreas) y las áreas de bosque degradadas, sin que sea necesario ocupar con cultivos las zonas de bosque.



Resumen y conclusiones

- El desarrollo de tecnologías para la agricultura tropical ha permitido el crecimiento de la producción con la expansión mínima del área cultivada.
- La agricultura de conservación en las regiones subtropicales y tropicales se han llevado a cabo mediante la tecnología de la siembra directa, que ha demostrado ser la mejor solución para evitar las pérdidas de suelo por erosión.
- La mayoría de las recomendaciones para el manejo de los cultivos en los suelos de las regiones templadas no han resultado adecuadas para las regiones subtropicales y tropicales, ya que con ellas se produce compactación del suelo y pérdidas por erosión que llegan a las 30-40 t/ha por año.
- Los sistemas de cultivo con conservación de suelos empiezan a difundirse a medida que se mejora el equipo mecánico disponible, se desarrollan cultivares de ciclo corto, se encuentran plantas apropiadas para la cobertura del suelo en el periodo invernal con capacidad para sopor-



tar el estrés hídrico, la diversidad y el bajo precio y mayor eficacia de los herbicidas, a la vez que una mejora de la tecnología de aplicación.

- Los cambios producidos son significativos, y la siembra directa comprende un conjunto de tecnologías que incluye diversas especies de plantas, y rotaciones de cultivo que permiten tener el suelo cubiertos con residuos del cultivo anterior de manera permanente.
- Los costes de producción con siembra directa se han reducido en un porcentaje estimado del 10-15%, lo que ha sido un factor determinante para que se adopte en proporciones muy altas.
- Con la adopción de la siembra directa en el área del Cerrado los agricultores han podido obtener dos o tres cosecha por año, aumentando su eficiencia productiva adaptada a la estacionalidad.
- La utilización de esta tecnología tiene un impacto favorable en la fijación de nitrógeno, y en el control integrado de las plagas asociado a la agricultura de precisión, permitiendo una buena gestión de los recursos naturales.
- La innovación tecnológica ofrece ventajas económicas, lo que está produciendo un fuerte cre-



ESTOS LOGROS

TECNOLÓGICOS HAN SIDO POSIBLES GRACIAS

AL ESFUERZO

INTEGRADO DEL

SISTEMA DE

INVESTIGACIÓN

AGROPECUARIO

NACIONAL



cimiento anual de la adopción de la siembra directa, que ha crecido más de 21 veces desde 1991.

- Estos logros tecnológicos han sido posibles gracias al esfuerzo integrado del Sistema de Investigación Agropecuario Nacional, que ha repercutido en una mejora de los beneficios para los agricultores.
- La magnitud y el grado de adopción de la siembra directa por los agricultores de todas las regiones se puede considerar como la gran revolución de la Agricultura Tropical Brasileña.■