

# **Diez Años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina**

**Eduardo J. Trigo  
Eugenio J. Cap**

**Diciembre de 2006**



El presente estudio fue financiado por el Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología – ArgenBio.



### **Sobre los autores:**

El Dr. Eduardo J. Trigo es investigador independiente miembro de FORGES y de Grupo CEO, entidades relacionadas a la investigación y el asesoramiento en el sector agropecuario y el Dr. Eugenio J. Cap es Director del Instituto de Economía y Sociología del INTA. Ambos agradecen la colaboración de Federico Villarreal, investigador asociado de FORGES en el desarrollo de este documento.

### **Sobre ArgenBio:**

ArgenBio (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología) es una institución sin fines de lucro que tiene como misión divulgar información sobre la biotecnología, contribuyendo a su comprensión a través de la educación y estimulando su desarrollo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO.....	5
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO 2: LOS CULTIVOS GM EN LA AGRICULTURA ARGENTINA.....	9
CAPÍTULO 3: EL DESEMPEÑO DEL SECTOR AGROPECUARIO DURANTE EL PERÍODO 1996-2006.....	14
3.1 Los impactos ambientales de la intensificación.....	17
3.2 Algunos indicadores del impacto social de las transformaciones productivas.....	20
CAPÍTULO 4: LOS IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA LIBERACIÓN DE LOS CULTIVOS GM EN LA AGRICULTURA ARGENTINA.....	22
4.1 Introducción y planteo metodológico.....	22
4.2 El caso de la soja tolerante a herbicida.....	22
4.2.1 Los impactos económicos directos.....	24
4.2.2 Ajuste de los beneficios generados por los efectos de sustitución entre productos y distribución entre actores del sector.....	26
4.2.3 Una caracterización del perfil del productor de soja por número, tamaño y ubicación geográfica. Implicancias para la equidad distributiva de la tecnología y la sostenibilidad de los sistemas productivos.....	30
4.2.4 Los costos incurridos en términos del balance de nutrientes de los suelos.....	34
4.3 El caso de los maíces GM.....	36
4.3.1 Maíz resistente a lepidópteros (Bt).....	36
4.3.2 Maíz tolerante a glifosato.....	37
4.4 El caso de los algodones GM.....	38
4.4.1 Algodón resistente a lepidópteros (Bt).....	38
4.4.2 Algodón tolerante a glifosato.....	40
4.5 Impactos indirectos de la liberación de los cultivos GM.....	40
4.5.1 El incremento de la productividad ganadera .....	41
4.5.2 Una reflexión acerca del impacto sobre el crecimiento del PBI y la generación de empleos.....	43
4.5.3 Impacto sobre los consumidores a nivel mundial.....	45
CAPÍTULO 5: ALGUNOS COMENTARIOS Y REFLEXIONES FINALES.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXO 1: SIGMA V 2.2. UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA ESTIMAR EL IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.....	50



## RESUMEN EJECUTIVO

El primer cultivo genéticamente modificado (GM) incorporado a la agricultura argentina fue la soja tolerante al herbicida glifosato, la cual fue aprobada en 1996. De esa fecha en adelante se han realizado cerca de 900 pruebas de campo en distintos cultivos y características y aprobado para comercialización nueve eventos adicionales en maíz y algodón (tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos). De ahí en adelante se desarrolló un rápido proceso de difusión de este tipo de tecnologías que, en la última campaña agrícola, llegaron a representar más del 90% del área cultivada con soja, cerca del 70% del área de maíz y alrededor del 60% en el caso del algodón. En este proceso la Argentina se ha transformado en el segundo productor mundial de este tipo de cultivos, detrás de los Estados Unidos de Norteamérica, con más de 17 millones de hectáreas plantadas con cultivos GM.

De por sí la magnitud del área con las nuevas tecnologías GM es un hecho importante a ser resaltado, pero más aún lo es la rapidez con que evolucionó el proceso de adopción. Las nuevas tecnologías se incorporaron a la oferta tecnológica en Argentina prácticamente al mismo tiempo en que estuvieron disponibles en sus países de origen, y lo que es más importante, una vez que estuvieron disponibles, su adopción se dio a un ritmo sorprendente, sobrepasando el ritmo de adopción de cualquiera de las otras tecnologías que las precedieron, como los maíces híbridos y las variedades de trigo con germoplasma mejicano. En el caso de la soja, en siete años las nuevas tecnologías llegaron a cubrir prácticamente la totalidad del área sembrada con ese cultivo. Esto fue el resultado de varios factores que convergieron para posibilitar este proceso. Entre ellos cabe citar algunos cambios en el contexto de las políticas sectoriales que dinamizaron el crecimiento del sector agropecuario en general, pero, por sobre todo, el hecho de que para cuando las nuevas tecnologías estuvieron disponibles, en la Argentina ya estaban instaladas las condiciones institucionales en cuanto a la evaluación de riesgo y bioseguridad, indispensables para movilizar el proceso de transferencia y difusión de las nuevas tecnologías. Por otra parte, la particular sinergia existente entre la práctica de la siembra directa y la soja GM fue también un factor determinante de la rápida adopción, ya que permitió la expansión "virtual" de la frontera agrícola al ampliar las posibilidades de incorporar la soja a continuación del cultivo de trigo.

Este proceso de incorporación de nuevas tecnologías ha tenido un profundo impacto de transformación en la agricultura argentina y, más allá de ésta, en toda la economía del país. Los beneficios totales generados por los tres cultivos, estimados en base al modelo matemático de simulación SIGMA desarrollado por el INTA, se calculan en más de 20 mil millones de dólares. En el caso de la soja tolerante a herbicida los beneficios netos de sustitución por otras actividades (girasol, algodón, pasturas), acumulados para la década 1996-2005, alcanzan a los 19,7 mil millones de dólares, distribuidos de la siguiente manera: 77,45% para los productores, 3,90% para los proveedores de semilla, 5,25% para los proveedores de herbicida y 13,39% para el Estado Nacional (en forma de derechos de exportación, aplicados desde 2002). En el caso de los maíces con resistencia a lepidópteros, el beneficio total acumulado para el período 1998-2005 alcanza a los 481,7 millones de dólares, distribuidos de la siguiente manera: 43,19% para los productores, 41,14% para los proveedores de semilla y 15,67% para el Estado Nacional. Finalmente, en el algodón con resistencia a lepidópteros, el beneficio total estimado para el período 1998-2005 es de 20,8 millones de dólares, con la siguiente distribución: 86,19% para los productores, 8,94% para los proveedores de semilla y 4,87% para el Estado Nacional.

A partir de datos del Censo Nacional Agropecuario 2002, se calculó que, en la campaña 2001/2002, apenas algo menos del 15% de las 333 mil EAPs (explotaciones agropecuarias) registradas, cultivaban soja. Además, más del 90% de esas EAPs se encontraban en la Región Pampeana, lo que viene a indicar que este proceso de transformación productiva ha sido, fundamentalmente, un fenómeno de esa región. Las

EAPs de menos de 100 hectáreas le dedicaron a la soja el 70% de la tierra disponible, cifra que fue del 27% para las explotaciones de por lo menos 1.000 hectáreas. Estos valores reflejan que la “sojización” ha sido un factor importante para apuntalar la sustentabilidad económico-financiera (de corto plazo) de las pequeñas explotaciones. Pero al mismo tiempo, levantan una serie de interrogantes en lo que hace a la sustentabilidad en el largo plazo de estos sistemas de producción (prácticamente monoculturales). Este contraste no es un tema menor y debería ser parte de la agenda de discusión de las políticas sectoriales. La estrategia descrita para los pequeños productores, sin embargo, no parece haber sido consecuencia de la liberación de las variedades de soja tolerantes a herbicida, en 1996: repitiendo el análisis presentado en esta sección, pero empleando los datos del CNA 1988, se puede comprobar que, ya para la campaña 1987/1988, las EAPs de menos de 100 hectáreas ya dedicaban al cultivo de soja el 62,54% de la tierra disponible.

Un proceso de esta naturaleza y magnitud no está, por supuesto, exento de costos, particularmente en cuanto a su impacto sobre la calidad y productividad futuras de los recursos naturales afectados, y de efectos indirectos sobre el resto de la economía. Con respecto a la magnitud del proceso de expansión del área sembrada con soja y de sus implicancias negativas sobre la fertilidad química del suelo, se evaluó el costo de reposición del fósforo exportado en forma de grano durante los 10 años, el cual resultó ser de 2,3 mil millones de dólares (11,6% del beneficio total). Esto indica que, aún en el caso de que se tomaran las medidas correctivas correspondientes, los beneficios netos de esta tecnología serían más de 17 mil millones de dólares.

En cuanto a los impactos indirectos, el documento analiza los mecanismos por los cuales la expansión del cultivo de soja, a partir de la liberación de los materiales con tolerancia a herbicida, indujo impactos positivos sobre la productividad de la ganadería bovina, tanto de carne como de leche. En este sentido se estimó, para la década 1996-2005, una reducción del área con pasturas, de más de 5 millones de hectáreas, con mantenimiento de los volúmenes de producción total de carne y una recuperación en los de leche (en ambos casos, con saldo positivo neto para el período). Estos incrementos de productividad no han sido registrados en las estadísticas, debido a que los indicadores de rendimiento empleados comúnmente, esto es, la tasa de extracción (faena/stock) y el volumen total de producción de leche, no están referenciados al dato del área dedicada a dichas actividades.

Desde una perspectiva más general, también se analizó el impacto del proceso descrito sobre el producto bruto interno y otras variables económicas, tales como la generación del empleo. De este análisis surge que la liberación de los materiales de soja tolerante a herbicida puede haber contribuido a la generación de casi 1 millón de empleos (a nivel de toda la economía), es decir, un 36% del total del incremento registrado para el período en cuestión. En esta misma línea de análisis, se estima que los beneficios netos totales de esta tecnología hubieran sido suficientes para financiar los costos de construcción de 28 millones de metros cuadrados, casi un 22% del total autorizado para el período.

Finalmente, se realizó una estimación del impacto global, sobre los consumidores, del aumento de producción de soja en Argentina atribuible a la liberación de la soja tolerante a herbicida, mediante la reducción del precio que hubiera alcanzado el grano de no haber mediado dicha oferta adicional. Ese beneficio acumulado (ahorro en el gasto de los consumidores) se estimó en casi 26 mil millones de dólares.

Todos estos aspectos, tomados en conjunto, resaltan que la primera década de cultivos GM en la agricultura argentina ha sido un período de grandes beneficios, no sólo para el sector agropecuario, sino también para toda la economía nacional. También queda claro que este proceso no ha sido libre de costos e interrogantes, que quedan abiertos y deberían ser debatidos de aquí en más. Sería, por otra parte, sorprendente que, en un proceso de transformaciones de la magnitud del que hemos descrito, éste no fuera el caso. La tremenda expansión de la soja ha significado un fuerte reposicionamiento del sector en la economía y en el comercio exterior del país,

generando las consecuentes preocupaciones sobre los posibles impactos negativos del proceso de “sojización”, tanto por lo que significa la excesiva dependencia de un sólo commodity en el comercio exterior, como por la propia sostenibilidad del proceso, por lo que éste significa sobre la fertilidad futura de los suelos del país, y los potenciales efectos detrimentales de la expansión del cultivo en los ecosistemas más frágiles. Estas preocupaciones y otras que no han sido discutidas en el documento, como por ejemplo, las referidas a lo que puede ser la evolución futura del contexto internacional para este tipo de tecnologías, son absolutamente legítimas, pero no por ello desmerecen el balance claramente positivo de la primera década de cultivos GM en la Argentina. Lo que sí hacen es resaltar la necesidad de un debate que debe darse, acerca de cómo optimizar el potencial de las nuevas innovaciones en este campo, el cual parece crecer día a día, aunque una mirada realista de lo que se puede esperar nos hace anticipar que, difícilmente, haya en el futuro cercano otro caso como el de la soja tolerante a herbicida, al tiempo de acotar los posibles impactos negativos que las mismas pueden llegar a generar.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

El cambio tecnológico constituye uno de los elementos clave para el desarrollo de la agricultura y la mejora de los ingresos de los agricultores. La dependencia de la producción agropecuaria de un factor fijo, la tierra, y la naturaleza de los mercados de productos agropecuarios son el origen de esta importancia. A nivel de las unidades productivas individuales, el ingreso de los productores es directamente dependiente de la productividad de los recursos de que disponen, ya que para cada productor el precio es un dato de la ecuación económica, no modificable desde la perspectiva individual. Estas inflexibilidades son las que determinan el incentivo a la permanente incorporación de tecnología como la única vía para un sostenido incremento de sus ingresos. Este tipo de comportamientos se refleja, a través de diversos mecanismos, también en los agregados sectoriales, y son determinantes importantes de la evolución del sector agropecuario y su participación en la economía.

El permanente deterioro de la participación argentina en los mercados agropecuarios a lo largo de buena parte del siglo pasado fue el reflejo directo de la incapacidad del sector para incorporar nuevas tecnologías y del estancamiento de su productividad (Obschatko, 1988; Barsky (ed.), 1991; Barsky y Pucciarelli, 1997; entre otros). Los cambios en las últimas dos décadas muestran la reversión de estas tendencias y la inauguración de un nuevo ciclo, en el cual la producción crece aceleradamente hasta superar los 80 millones de toneladas de cereales y oleaginosas. Este crecimiento se ve reflejado tanto en un marcado incremento de las exportaciones – donde se recupera algo del terreno perdido en las décadas anteriores – y también en un incremento de la participación sectorial en el PBI y, particularmente, en lo que hace a la generación de empleo, donde el sector – incluyendo todo el complejo agroindustrial – pasa a generar, en 2003, más de un millón de puestos de trabajo adicionales a los que generaba en 1997 (Llach, 2004).

Estas transformaciones son el resultado de un conjunto de factores, entre los que caben mencionar algunas de las reformas estructurales (como por ejemplo las privatizaciones en ciertas áreas de infraestructura) y las políticas económicas implementadas a comienzos de la década (eliminación de las retenciones, reducción de los impuestos a la importación de bienes de capital y apertura de la economía), así como la irrupción en el escenario productivo nacional de un conjunto de innovaciones tecnológicas tales como los cultivos genéticamente modificados (GM) y la siembra directa, situaciones que se potenciaron entre sí para establecer las bases de un nuevo ciclo de comportamientos sectoriales. Este documento resume los aspectos salientes de este proceso, para luego concentrarse en la evaluación de cuáles han sido los beneficios económicos y la distribución entre los distintos actores intervinientes en el proceso de incorporación de estas tecnologías. En este sentido el documento incluye cuatro capítulos, además de esta introducción. El segundo capítulo resume brevemente los hechos más salientes en cuanto al ritmo de incorporación de este tipo de tecnologías en la agricultura argentina, así como algunas de las principales hipótesis acerca de los factores que pueden haber sido determinantes en la dinámica innovativa observada. El tercer capítulo mira, principalmente, al comportamiento de los agregados sectoriales resultantes de ese proceso innovativo, mientras que el capítulo cuatro se concentra en el análisis de los principales beneficios económicos resultantes del mismo, y en cómo éstos se han distribuido entre los actores participantes. El documento se completa con algunas reflexiones sobre la naturaleza del proceso y comentarios sobre los aspectos no tratados en el análisis y que deberían ser considerados a futuro.

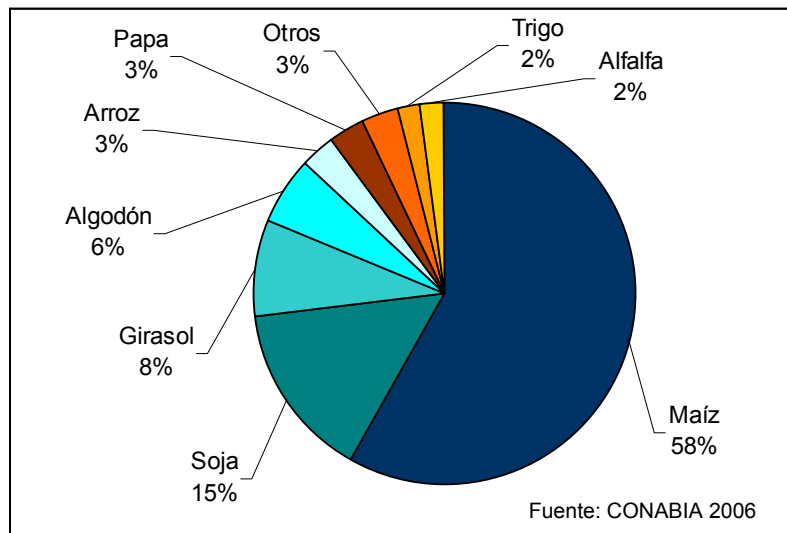


## CAPÍTULO 2

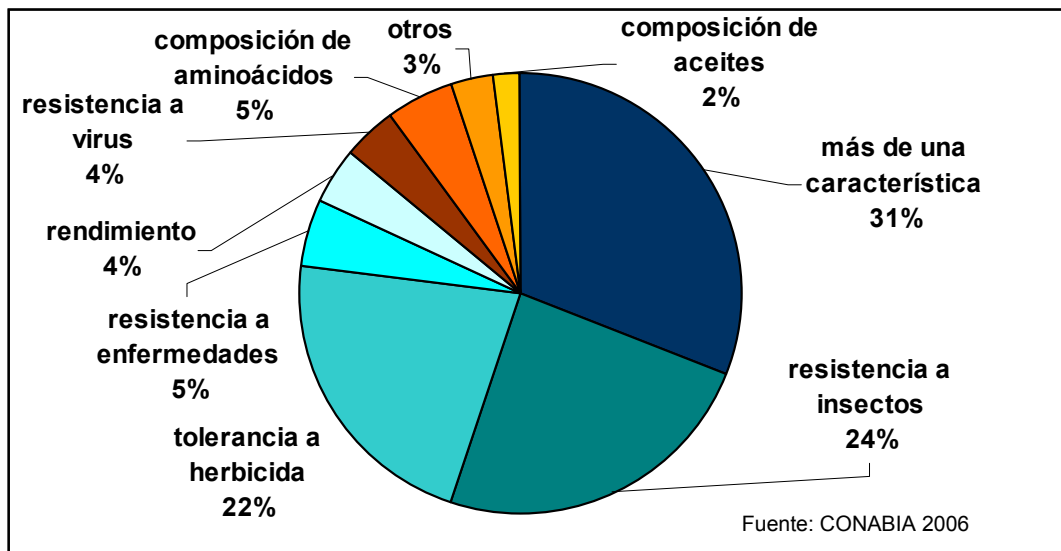
### LOS CULTIVOS GM EN LA AGRICULTURA ARGENTINA

El primer cultivo GM incorporado a la agricultura argentina fue la soja tolerante al herbicida glifosato, la cual fue aprobada en el año 1996. Desde esa fecha en adelante se han iniciado pruebas de campo en 883 combinaciones cultivo-evento (ver Gráfico 2.1), siendo el maíz, la soja, el girasol y el algodón los cultivos con mayor presencia, aunque también están siendo probadas a campo tecnologías similares en otros cultivos importantes, como trigo, arroz y papa, así como en especies forrajeras (alfalfa). Los tipos de eventos más importantes ensayados dentro de este período son los que incluyen más de una característica (generalmente tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos), la tolerancia a herbicidas y la resistencia a insectos, tomados individualmente, aunque en los últimos años también comienzan a aparecer otros tipos de eventos, como los relacionados con la calidad y la tolerancia a estreses abióticos (Gráfico 2.2).

**Gráfico 2.1: Pruebas de campo por cultivo (1991-2005)**



**Gráfico 2.2: Pruebas de campo según la característica incorporada (1991-2005)**



En términos comerciales, sin embargo, el número de innovaciones que ha llegado al mercado es mucho menor y, luego de la aprobación de la soja tolerante a herbicida, se han aprobado para su comercialización sólo nueve eventos adicionales: tres maíces con tolerancia a herbicidas, tres maíces con resistencia a lepidópteros (Bt), un algodón con tolerancia a herbicida, un algodón con resistencia a lepidópteros, y un maíz con resistencia a lepidópteros y tolerancia al glufosinato de amonio (Tabla 2.1).

**Tabla 2. 1: Eventos GM liberados para comercialización en el mercado argentino**

Especie	Característica introducida	Solicitante	Año de aprobación
Soja	Tolerancia a glifosato (40-3-2)	Nidera S. A.	1996
Maíz	Resistencia a lepidópteros (176)	Ciba-Geigy	1998
Maíz	Tolerancia a glufosinato de amonio (T25)	AgrEvo S. A.	1998
Algodón	Resistencia a lepidópteros (Mon 531)	Monsanto Argentina S.A.I.C.	1998
Maíz	Resistencia a lepidópteros (Mon 810)	Monsanto Argentina S.A.I.C.	1988
Algodón	Tolerancia a glifosato (Mon 1445)	Monsanto Argentina S.A.I.C.	2001
Maíz	Resistencia a lepidópteros (Bt 11)	Novartis Agrosem S.A.	2001
Maíz	Tolerancia a glifosato (NK 603)	Monsanto Argentina S.A.I.C.	2004
Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a glufosinato de amonio (TC 1507)	Dow AgroSciences S.A. y Pioneer Argentina S.A	2005
Maíz	Tolerancia a glifosato (GA 21)	Syngenta Seeds S.A.	2005

Fuente: CONABIA 2006

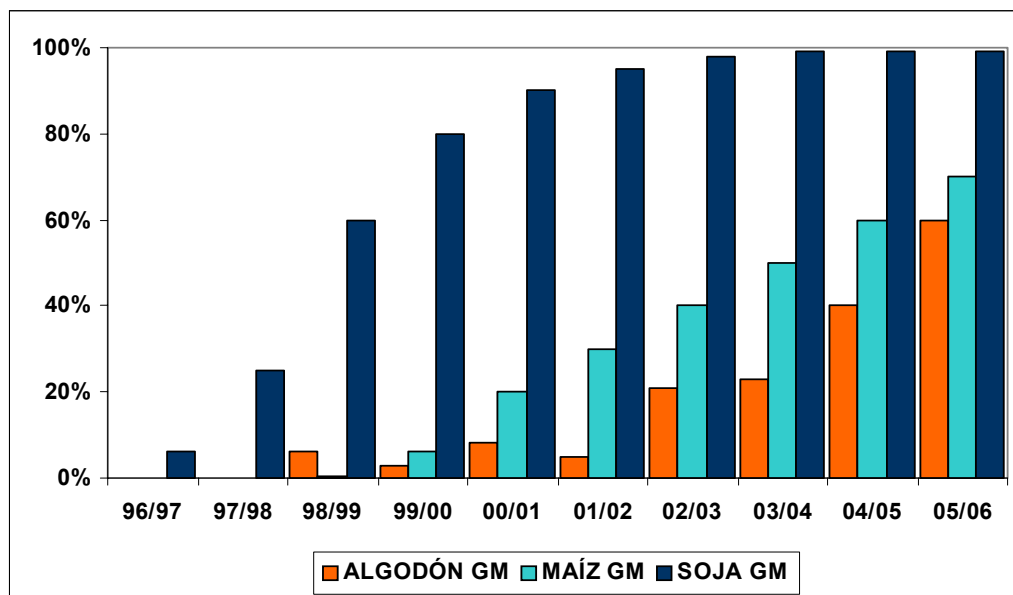
A nivel productivo, por su parte, en la campaña 2004/2005, de las aproximadamente 16,5 millones de hectáreas cultivadas con cultivos GM en la Argentina, alrededor de 14 millones de hectáreas -algo más del 86% del total-, corresponden a soja tolerante a herbicida, unas 2 millones a maíz (esencialmente Bt, ya que el tolerante a herbicida es de muy reciente introducción al mercado) – aproximadamente el 13%- y el 1% restante –unas 160 mil hectáreas– son de algodón (105 mil de tolerante a herbicida y unas 55 mil de Bt). Estas cifras colocan a la Argentina en el segundo lugar a nivel mundial detrás de los Estados Unidos, en cuanto al área plantada con este tipo de cultivos; siendo Brasil y Canadá los países que ocupan los siguientes lugares, con 9,4 millones de hectáreas y 5,8 millones de hectáreas, respectivamente (James 2005).

El aspecto saliente de la participación de los cultivos GM en la agricultura argentina sin embargo, no es tanto la magnitud de su participación –la cual es sin duda muy importante – sino más bien el hecho de que su introducción se produjo prácticamente al mismo momento en que estas tecnologías estuvieron disponibles internacionalmente, y cómo evolucionó su proceso de adopción en los años subsiguientes. En la práctica (ver Gráfico 2.3), hacia el final de la primera década desde la introducción de estas tecnologías, prácticamente el 100% de la superficie sembrada con soja es GM (tolerante a herbicida, TH), y cerca del 70 % del total de maíz corresponde a distintos tipos de maíz GM (Bt y TH), lo cual representa un proceso de adopción a una tasa casi sin precedentes, solo comparable a lo ocurrido con el maíz híbrido en el estado de Iowa (EEUU) en la década de 1930, pero mucho más acelerado de lo que ocurrió con esas tecnologías en los otros estados del “corn belt” americano y, posteriormente, en otras partes del mundo con las tecnologías de la “revolución verde”.

Aún en la Argentina, estos procesos de adopción se comparan muy favorablemente con otras situaciones anteriores como la del maíz híbrido y los trigos con germoplasma mejicano. Los maíces híbridos tardaron 18 años en alcanzar el 70% de aceptación que hoy tienen los maíces GM y los trigos mejicanos llegaron a los

porcentajes de adopción que hoy ostenta la soja (más del 90% del mercado), sólo después de 16 años (López 2006). Varios factores pueden argumentarse a favor de explicar este tipo de comportamiento.

**Gráfico 2.3: Evolución de la participación de los cultivos GM sobre el total del área cultivada para cada especie**



Fuentes: ArgenBio 2006.

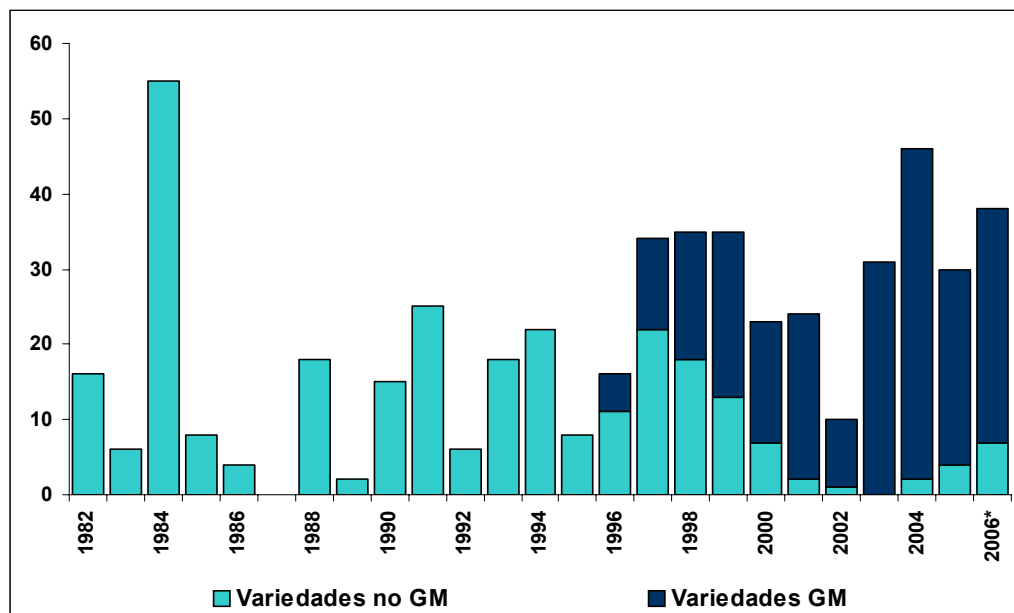
La naturaleza de las tecnologías y el carácter “homólogo” de la agroecología de la región pampeana argentina con las condiciones imperantes en los agroecosistemas para los cuales las tecnologías fueron originalmente desarrolladas son, sin duda, factores de peso para explicar la rapidez con la que las nuevas tecnologías estuvieron disponibles comercialmente para su utilización en esa región. Estas condiciones no sólo facilitan la transferencia, en términos de requerir, relativamente, poco trabajo de adaptación, sino que también hacen al atractivo e incentivo para que la transferencia se efectivice: las 26 millones de hectáreas de la pampa húmeda argentina representan casi el ámbito natural para la expansión de las tecnologías fuera de su “nicho” o mercado de origen, para el cual fueron desarrolladas inicialmente.

Un segundo aspecto fue también, sin duda, el hecho de que en el país existiera una infraestructura de servicios tecnológicos consolidada, que sirvió de plataforma para la incorporación de los nuevos conceptos tecnológicos. El éxito comercial de las variedades GM está comprobadamente asociado a la incorporación de los nuevos genes a una base genética bien adaptada agrónomicamente a las condiciones locales y a la existencia de una industria semillera capaz de llevar con rapidez y eficacia las nuevas variedades a los productores. Ambos aspectos están presentes en el caso argentino.

Hacia la fecha de la aparición del primer evento transgénico – la soja tolerante a herbicida – existía ya en la Argentina una importante actividad de fitomejoramiento, tanto en el sector público como en el privado, con un total de 147 variedades de soja registradas, correspondiendo alrededor del 15% al sector público (INTA, principalmente) y el resto al sector privado, lo cual permitió que los nuevos genes se incorporaran rápidamente al ciclo productivo. De 1997 en adelante se evidencia un salto cuantitativo en el número de variedades registradas (ver Gráfico 2.4), y el grueso de las nuevas variedades corresponde a cultivares genéticamente modificados. Según Giancola

(2002), ya para el período 1999-2000, el 64% de los cultivares registrados eran modificados genéticamente, todos desarrollados por firmas privadas (Nidera, Novartis, Pioneer, Monsanto y Don Mario), una tendencia que se incrementa posteriormente hasta alcanzar, en la actualidad, valores superiores al 85%.

**Gráfico 2.4: Evolución de las variedades de soja GM y no-GM registradas en Argentina en el Registro Nacional de Cultivares**



\*Comprende sólo hasta el mes de Octubre. Fuente: INASE, 2006

Un tercer aspecto que explica la rapidez de la incorporación de las nuevas tecnologías es que para cuando éstas aparecieron, la Argentina ya había avanzado en el desarrollo del marco institucional requerido para la adecuada gestión de este tipo de tecnologías. Por una parte existía, desde la década de 1970, el marco institucional para la protección de los derechos de los obtentores de las variedades vegetales (Ley 20.247 de Semillas y Creaciones Fitogenéticas). Pero más importante aún, desde 1991 existía, en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), la Comisión Nacional Asesora de Bioseguridad Agropecuaria, CONABIA, la cual es responsable de la evaluación de riesgo de los nuevos eventos biotecnológicos. Este último aspecto fue de singular importancia, aún cuando el debate internacional sobre los transgénicos no tenía en esa época la alta “temperatura” y conflictividad que alcanzaría años después. La presencia de la CONABIA, un organismo con un alto nivel de reconocimiento, tanto por sus capacidades científicas y técnicas como por la transparencia de sus procesos, garantizaba a la opinión pública el “uso seguro” de las nuevas tecnologías y permitía al mismo tiempo evitar cualquier posibilidad de conflicto en el ámbito del comercio internacional, ya que ponía a la soja producida en la Argentina en igualdad de condiciones, tanto con los competidores como con los mercados de destino (la Unión Europea, principalmente) donde los nuevos eventos también habían sido aprobados para comercialización, siempre que se cumplieran con los requisitos de bioseguridad correspondientes.<sup>1</sup>

Finalmente, el gran dinamismo del proceso de adopción también refleja la sinergia de la soja tolerante a herbicida con la práctica agronómica de la siembra directa (SD) y, más adelante en el ciclo, la significativa caída en el precio del glifosato, como

<sup>1</sup> Para un análisis mas exhaustivo de estos aspectos ver Trigo, et. al. (2002)

resultado del vencimiento de la patente sobre el mismo y la rápida ampliación de las fuentes de oferta de ese producto que siguió a ese hecho.<sup>2</sup>

La SD comenzó a ganar importancia en la agricultura argentina a fines de la década de los años de 1980, debido a que en muchas de las zonas más importantes de la región pampeana los efectos acumulativos de la erosión del suelo, resultante de la “agriculturalización” sobre la base de prácticas tradicionales de laboreo, ya comenzaban a manifestarse negativamente en los resultados operativos de la explotación<sup>3</sup>. Este efecto sobre los rendimientos y, a través de éstos, sobre la propia viabilidad económica de la agricultura, junto con el hecho de que, como resultado de los procesos de desregulación y apertura de la economía, se amplió la disponibilidad de maquinaria agrícola apropiada, y junto también con la reducción de los costos directos (producto de la eliminación de tareas de laboreo) fueron una plataforma óptima para la difusión de la SD y para recuperar, en parte al menos, la productividad perdida. La sinergia con la soja tolerante a herbicida se da como consecuencia de que las prácticas de laboreo directo, al acortar el tiempo requerido entre la cosecha de trigo y la siembra de soja, hace factible el empleo exitoso de variedades de soja de ciclo corto como cultivo de segunda, y viabiliza un planteo trigo-soja de segunda en zonas donde no era agrónomicamente factible. Este efecto ha sido, sin duda, uno de los principales determinantes económicos de los cambios en los comportamientos productivos de muchos de los productores y se vio, hacia finales de la década de 1990 y comienzo de los años 2000, potenciado por la acelerada reducción del precio del glifosato, que pasó de alrededor de 10 dólares el litro, a principios de los años de 1990, a menos de 3 dólares en el año 2000.

---

<sup>2</sup> La siembra directa consiste básicamente en depositar la semilla en el suelo a la profundidad requerida con un mínimo de perturbación de la estructura edáfica. Esto se hace a través de maquinaria especialmente diseñada a tal efecto, que elimina el uso del arado y minimiza el laboreo requerido para la implantación del cultivo.

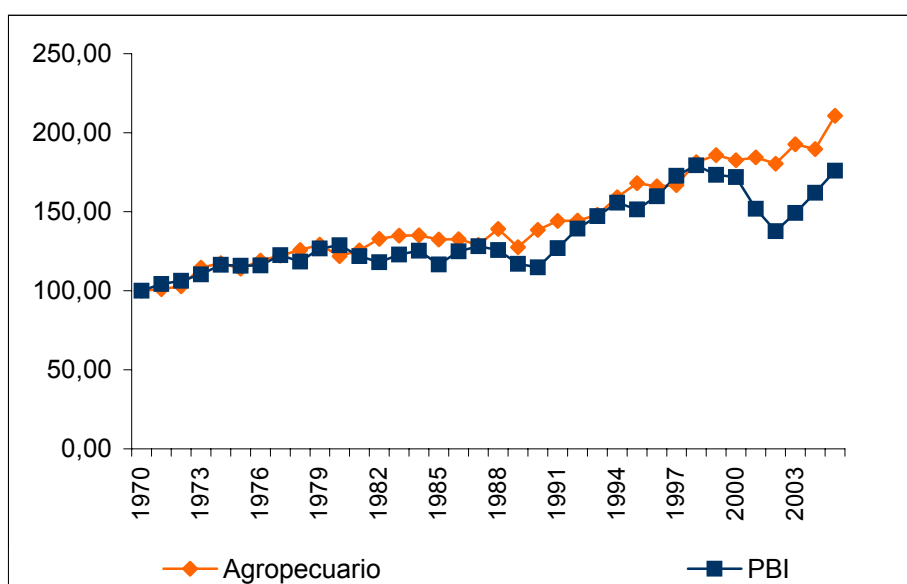
<sup>3</sup> Se entiende como “agriculturalización” a la sustitución de la agricultura en forma permanente, en lugar de las rotaciones agrícola-ganaderas, que fue la estrategia productiva dominante en la Argentina hasta mediados de la década de 1970.

## CAPÍTULO 3

### EL DESEMPEÑO DEL SECTOR AGROPECUARIO DURANTE EL PERÍODO 1996-2006

El sector agropecuario y agroindustrial es actualmente responsable de más del 30% del componente bienes del Producto Bruto Interno y se manifiesta como uno de los más dinámicos de la economía. Además, ha mantenido tasas positivas de crecimiento ininterrumpido desde la década de 1970, aún durante la denominada “Crisis del Tequila” en 1995, así como a la salida de la convertibilidad, cuando la economía del país sufrió una dramática contracción, de la cual recién se está recuperando (Gráfico 3.1).

**Gráfico 3.1: Evolución del PBI argentino y del Valor Agregado del Sector Agropecuario (1970-2006) - (Índice de Volúmen Físico Base 1970=100)**



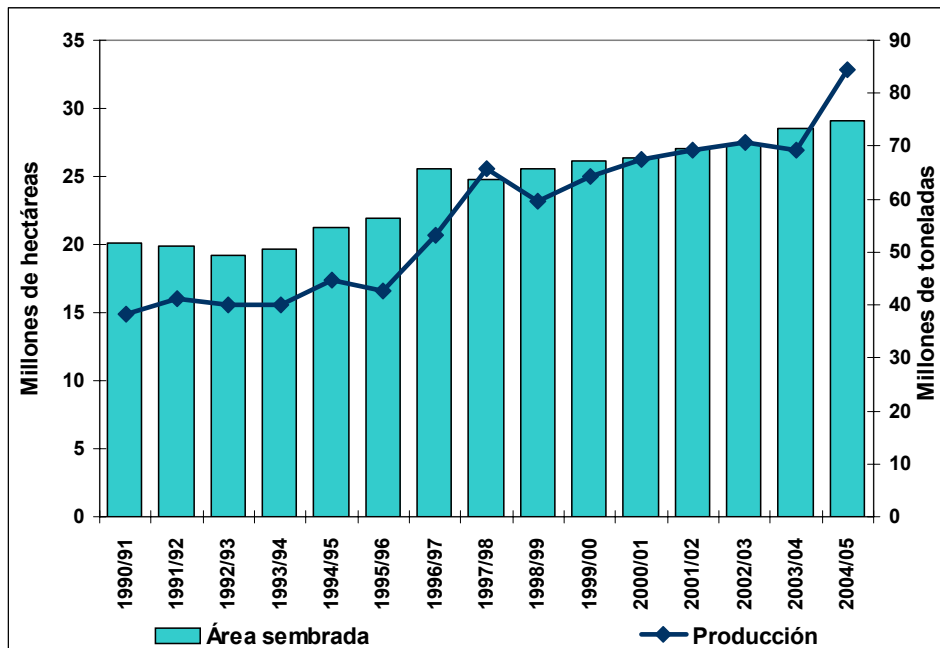
Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos de la Nación.

Esta evolución del sector se fundamenta en un fenomenal incremento de la producción primaria, la cual pasa de algo más de 38 millones de toneladas de granos y oleaginosas en 1990/91, a más de 80 millones en 2004/2005 (ver Gráfico 3.2), lo cual se ha traducido tanto en un significativo incremento de las exportaciones de granos y aceites (ver Gráfico 3.3), como en un acelerado proceso de transformación y reacomodamiento del sector agroalimentario. Este proceso incluye tanto importantes inversiones “aguas abajo” de la producción primaria – infraestructura de acopio, procesamiento, puertos - como también un importante flujo de capitales internacionales al sector con destino al financiamiento de la producción primaria, así como un activo proceso de fusiones y adquisiciones de empresas.<sup>4 5 6</sup>

<sup>4</sup> La capacidad instalada de molienda de soja, girasol y mixta, pasa de unas 15 millones de t/año a mediados de los años de 1990 a cerca de 45 millones de t/año en la actualidad ([www.ciaracec.com.ar](http://www.ciaracec.com.ar)). Paralelamente a este crecimiento se produce también una fuerte entrada de capitales externos hacia el sector, lo que se ve reflejado en el hecho de que, en la actualidad, el 60% de la capacidad instalada corresponde a empresas de capitales multinacionales (López, 2006)

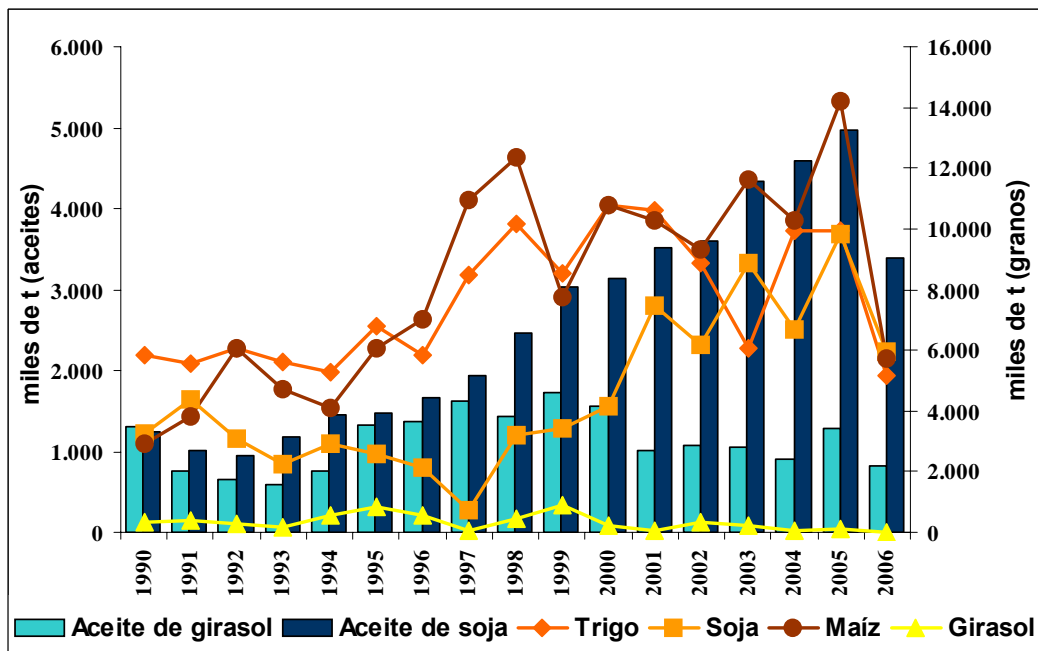
<sup>5</sup> En el sector primario la entrada de capitales externos también es importante, pero aquí lo más relevante, quizás, es el fuerte crecimiento de las modalidades de “pools de siembra” o fideicomisos para el financiamiento de la producción primaria, modalidades a través de las cuales se separa la propiedad de la

Gráfico 3.2: Argentina: evolución del área de siembra y producción agrícola



Fuente: SAGPyA

Gráfico 3.3: Argentina: Evolución de las exportaciones de granos, oleaginosas y aceites



Fuente: SAGPyA

tierra de la gestión de los procesos productivos, función que pasa a estar en manos de empresas que contratan los distintos factores de la producción. Aunque no existen datos ciertos sobre la magnitud de este tipo de prácticas, ni del volumen de recursos que canalizan, algunas fuentes estiman que pueden estar alrededor del 50% de la producción de granos y oleaginosas (Álvarez, 2003).

<sup>6</sup> IICA; "Informe de Coyuntura. Sector Agroalimentario Argentino"; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Varios Números; 2000-2005.

Esta transformación, que se inicia coincidentemente con el cambio de orientación en las políticas macroeconómicas en 1990, abarca prácticamente todos los rubros, aunque los granos y las oleaginosas (maíz, trigo, soja y girasol), y la región pampeana, han sido, sin duda, sus sectores emblemáticos.<sup>7</sup> Esta evolución ha sido producto de la combinación de dos factores claramente diferenciados, asociados tanto con variables económicas –precios relativos de los commodities–, como tecnológicas, donde se incluye tanto una importante expansión del área cultivada y el incremento de la productividad física por unidad de superficie (rendimiento), como resultado de un importante proceso de incorporación de nuevas tecnologías. La expansión del área cultivada se da en la zona pampeana a expensas de la ganadería, y el avance de la práctica de la siembra de soja de segunda, principalmente sobre trigo –en lo que podría considerarse como una expansión “virtual” de la frontera agropecuaria– y también en las regiones del NEA y NOA donde, en el período entre los censos de 1988 y 2002, el área cultivada pasa de 2,5 millones a 4,3 millones de hectáreas. Una parte importante de estas extensiones provino de la ganadería y de la incorporación, a la agricultura, de tierras que anteriormente eran bosques nativos que ya habían sufrido un proceso de degradación.

El cuanto al proceso de cambio tecnológico, es importante resaltar que el mismo abarca tanto la intensificación en el uso de bienes de capital e insumos abióticos, tales como fertilizantes y agroquímicos (herbicidas e insecticidas), como un cambio de particular trascendencia en lo que hace a los insumos genéticos: la introducción en la agricultura argentina de los cultivos GM o transgénicos, a la que ya nos hemos referido en el capítulo anterior.<sup>8</sup>

En síntesis, los cambios en las tendencias productivas descriptos en los párrafos anteriores, parecen indicar que la reorientación de las políticas macroeconómicas vigentes hasta 1990 significaron un verdadero punto de inflexión en lo que hace al comportamiento productivo del sector, particularmente en cereales y oleaginosas, y la instalación de una nueva estrategia productiva, significativamente más intensiva en el uso de insumos tecnológicos. El elemento movilizador del proceso consistió en un cambio muy profundo en las expectativas de los agentes económicos (tanto intra- como extra-sectoriales) de que, por un lado, el campo y sus cadenas de valor asociadas no serían ya objeto de discriminación a favor de otros sectores de la economía y, por el otro, que las oportunidades que habían ofrecido hasta entonces la política económica (tipos de cambio diferenciales, por ejemplo) y la inflación, habían sido superados. En este sentido, se debe resaltar que la eliminación de las retenciones a las exportaciones agropecuarias, por sí sola, difícilmente hubiera alcanzado para catalizar un proceso de la magnitud del que se desencadenó: su efecto hubiera sido comparable a un aumento equivalente de los precios internacionales de los productos del sector, evento que ha ocurrido repetidas veces en la historia del sector, sin mayores consecuencias estructurales. Esto se confirma plenamente si se observa qué es lo que ocurre en el período posterior a la salida de la convertibilidad y la crisis de fines del 2001: las tendencias establecidas en el período anterior, lejos de revertirse, tienden a profundizarse, y se incrementa la importancia del sector en la economía argentina.

La aseveración anterior puede ser discutida y analizada desde varias perspectivas, pero ello escapa al objetivo de este documento. Sin embargo, y en función de ir avanzando en una discusión de los futuros posibles y fundamentar una correcta evaluación del impacto de las transformaciones descriptas, vale la pena considerar, por un lado, algunos otros aspectos vinculados a las cuestiones ambientales, y, por otro, la

---

<sup>7</sup> El arroz, el algodón, otros cereales, y producciones regionales, como los vinos y los cítricos, también han evidenciado importantes incrementos de producción y productividad, pero no de la magnitud de lo que ha ocurrido en los cereales y las oleaginosas.

<sup>8</sup> Un claro indicador de esta evolución es lo que ocurre con la utilización de fertilizantes, la cual pasa de 1,2 millones de t en 1995 a más de 2,5 millones de t en 2005. Para un análisis más detallado del tema de las tendencias y el impacto del cambio tecnológico, ver Manciana *et al.* (2006).



evolución de algunos de los indicadores sociales vinculados a la producción agropecuaria.

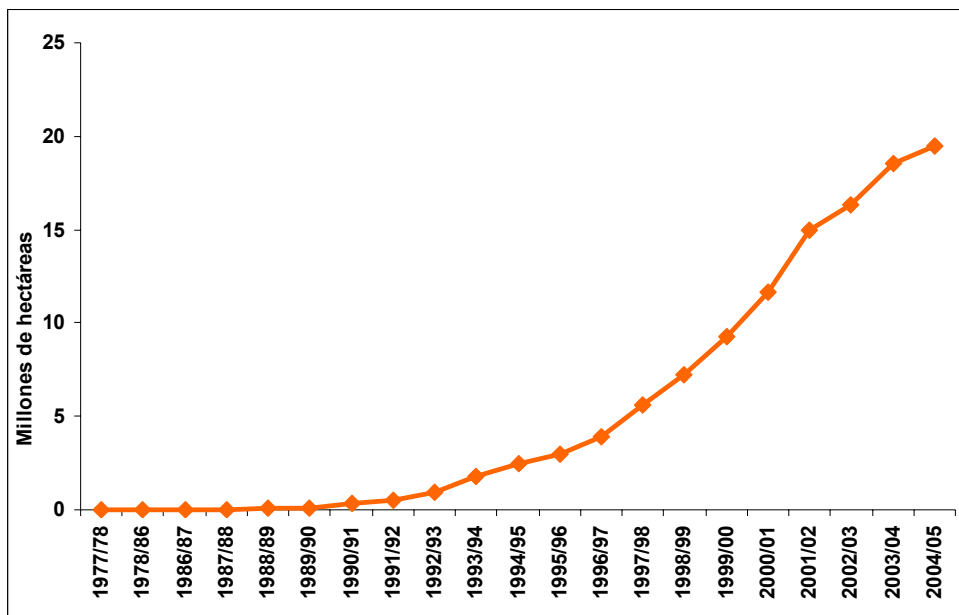
En relación a las cuestiones ambientales, el tema preponderante es si la intensificación ha significado que la Argentina ha perdido la etiqueta de productor “ambientalmente amigable” que detentaba en base a sus estrategias de producción extensiva. Desde lo social, el tema pasa por la evolución de algunos aspectos de la estructura agraria y los aportes que el sector ha hecho en términos de su contribución a la morigeración de los impactos negativos de la crisis desatada por la salida de la convertibilidad, a comienzos de 2002.

### 3.1 Los impactos ambientales de la intensificación

Desde el punto del vista del impacto ambiental del enorme incremento de la producción agropecuaria argentina ocurrida en la década pasada, el principal aspecto a considerar es el hecho, ya mencionado anteriormente, de que esa expansión se ha dado, *pari pasu*, con una fenomenal expansión de la práctica de la siembra directa, como principal estrategia de manejo agronómico en los cultivos pampeanos.

Tal como puede observarse en el Gráfico 3.4, que representa la evolución del área bajo siembra directa, la utilización de esta práctica ha pasado de unas 300 mil ha en 1990/91, a más de 19 millones de ha, en la campaña 2004/2005. Esta expansión tiene su origen, como mencionamos en el capítulo anterior, en un conjunto de situaciones que confluyeron, como determinantes, para inducir este cambio de comportamiento, pero desde el punto de vista que nos interesa aquí, el aspecto más importante es la naturaleza de la interacción entre soja GM y la práctica de la SD.

**Gráfico 3.4: Evolución de la superficie total cultivada con Siembra Directa**

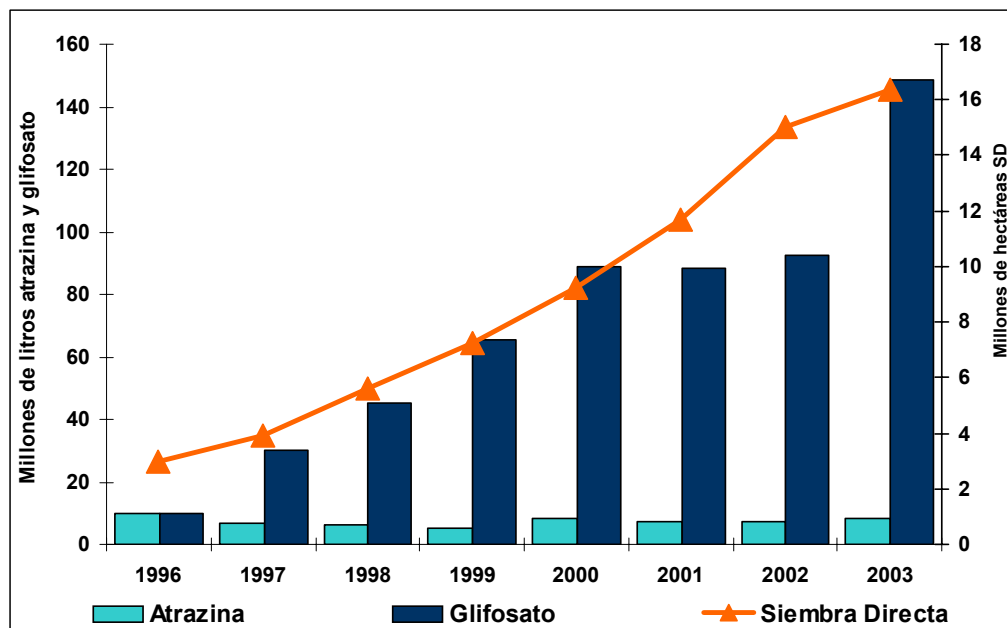


Fuente: AAPRESID, 2006

La combinación SD + soja tolerante a herbicida integra dos conceptos tecnológicos. Por una parte, nuevas tecnologías mecánicas que modifican la interacción del cultivo con el recurso suelo. Por la otra, el uso de herbicidas totales (glifosato), que son ambientalmente neutros, por su alta efectividad para controlar todo tipo de malezas y su carencia de poder residual. Ambos aspectos implican una mayor intensidad en el uso de insumos, lo cual usualmente se describe como una intensificación “dura”. Sin embargo, como puede verse en el Gráfico 3.5, esta intensificación “dura” es, al mismo tiempo, “amigable” desde el punto de vista ambiental, porque ha conducido, en forma

paralela, a una reducción en términos nominales del consumo de atrazina, un herbicida con elevada acción residual y, en consecuencia, ambientalmente negativo. Es difícil encontrar un número que cuantifique la magnitud del beneficio que representa esta sinergia entre la soja tolerante a herbicida y la siembra directa, pero en el cálculo no puede ignorarse su impacto potencial sobre la recuperación de fertilidad de los suelos y, por ende, sobre la productividad actual y futura, así como algunas otras externalidades positivas, como es su contribución a la mitigación del efecto invernadero.<sup>9 10</sup>

**Gráfico 3.5: Evolución del área sembrada con siembra directa y el tipo de herbicidas utilizados**



Fuente: AAPRESID y CASAFE

La Tabla 3.1 refuerza los aspectos mencionados arriba, pero desde el punto de vista de los riesgos para la salud pública por intoxicaciones provenientes del uso de herbicidas. En este sentido, el glifosato pertenece, dentro de la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (1988), al grupo de herbicidas de toxicidad clase IV, “prácticamente no tóxicos” y según datos de 2001, la introducción de la soja tolerante a herbicidas, si bien significó un aumento en su uso – tanto en volumen total como en número de aplicaciones – también significó una disminución del 83% en la cantidad

<sup>9</sup> Desde el punto de vista de la recuperación del contenido de materia orgánica de los suelos, Casas (2005) indica que en sistemas de SD con rotación de cultivos, que incluyen trigo, maíz o sorgo, las pérdidas de suelos anuales son inferiores a 2 t/ha, muy por debajo de lo máximo tolerable (10 t/ha). Sin embargo, en buena parte del área bajo cultivo mucho de estos beneficios potenciales se perderían como consecuencia del monocultivo de soja.

<sup>10</sup> Algunos datos experimentales (Al Rescate del Medio Ambiente. La Nación Campo. 24 de Octubre de 1998) estiman que la SD, en reemplazo de los métodos tradicionales de labranza, podría secuestrar hasta 17 millones de toneladas métricas de carbono (MMTC) por cada millón de hectáreas. Extrapolando estos datos en forma directa a la Argentina, los 16 millones de hectáreas manejadas bajo siembra directa en 2004/2005 estarían en condiciones de secuestrar hasta 272 MMTC. Este tema puede convertirse en un eventual activo para la posición negociadora argentina en el marco de las propuestas del Protocolo de Kyoto, que incluyen la institucionalización de un mercado internacional de compensación de emisiones de carbono (cabe aclarar, sin embargo, que este mercado de sumideros y emisiones está previsto para los países incluidos en el Anexo I, al que la Argentina no pertenece). Un estudio de la FAUBA y el INTA citado por López (2006), apunta en la misma dirección al reportar, basado en el monitoreo de 3,3 millones de has durante nueve años, que el incremento en materia orgánica de los suelos manejados con SD equivale a secuestrar alrededor de 40 t/ha de dióxido de carbono atmosférico.

utilizada de herbicidas de toxicidad de la clase II y la eliminación total de los de clase III, todos ellos más peligrosos para la salud humana.<sup>11</sup>

**Tabla 3.1: Tipo y utilización de herbicidas en soja convencional y tolerante a glifosato**

	Soja convencional	Soja tolerante a glifosato	Cambio porcentual
Nº de aplicaciones de herbicidas	1,97	2,30	+16,8
Cantidad total de herbicidas empleados (l/ha)	2,68	5,57	+107,8
Herbicidas de toxicidad clase II (l/ha)	0,42	0,07	-83,3
Herbicidas de toxicidad clase III (l/ha)	0,68	0,00	-100,0
Herbicidas de toxicidad clase IV (l/ha)	1,58	5,50	+248,1

Fuente: Qaim y Traxler (2002) citado en Trigo *et al.* (2002)

El resaltar la sinergia mencionada en el párrafo anterior no significa desconocer los peligros implícitos, en términos de pérdida de nutrientes, que siguen estando presentes como resultado de los bajos niveles relativos de fertilización que se dan en la Argentina, o de deterioro de los ecosistemas más frágiles en las nuevas áreas del NEA y NOA que han ido siendo incorporadas a la producción de soja hacia el final de este período.<sup>12</sup> En este último caso, la realidad es que se dispone de poca información objetiva que permita hacer un análisis de cuáles pueden ser los impactos del proceso. Independientemente de esto, hay que resaltar que si bien la soja es un componente central del proceso actual de “agriculturización”, este proceso empezó bastante antes de que la soja hiciera irrupción en el escenario agrícola de la Argentina y que buena parte de las áreas que hoy se cultivan con soja ya estaban dedicadas a la agricultura con anterioridad. Por otra parte, las preocupaciones que frecuentemente se expresan acerca de cómo esta expansión está amenazando la biodiversidad y los servicios ambientales que prestan algunos ecosistemas particulares, como pueden ser el de las Yungas, parecerían estar un tanto exageradas, ya que los sistemas en transformación están restringidos a los sectores de selva pedemontana en tierra plana, mientras que las selvas pedemontanas y montañas sobre pendiente, donde se ubica la mayoría de la biodiversidad y que proporcionan el grueso de los servicios ecológicos de las Yungas (cientos de miles de ha), no están amenazados por la expansión agrícola (ver Grau, Gasparri y Aide, 2005). En las otras áreas “nuevas” de expansión, como podrían ser las del norte de Córdoba y otras en el Chaco y Norte de Santa Fe, los procesos de cambio en el uso del suelo también parecerían obedecer a fuentes múltiples, y ya estaban en marcha con anterioridad a la aparición de la soja (Zak y Cabido, 2005; Puelo y Oesterheld, 2004). Entre las más importantes se mencionan los cambios en el régimen de lluvias, que permitieron hacer agricultura en áreas donde antes no se podía.

En síntesis, desde el punto de vista ambiental, el proceso vivido en las últimas dos décadas presenta importantes elementos positivos, pero también abre interrogantes. Esto no debe sorprender, ya que en un sentido amplio toda agricultura a medida que se intensifica pierde sostenibilidad, y éste es un proceso que ha

<sup>11</sup> Si bien este estudio se remonta al año 2001, no existen motivos de peso para pensar que este tipo de relaciones hayan variado significativamente con el aumento del uso de las variedades GM que se ha dado desde entonces.

<sup>12</sup> Casas (2006) indica “Si a manera de ejemplo se analiza el consumo anual de nutrientes por los cultivos, se observa que ronda los 4 millones de toneladas, mientras que la reposición es ligeramente superior al millón de toneladas de nutrientes al año (equivalente a unos 2,5 millones de toneladas de fertilizantes). Esta simple ecuación indica un nivel de reposición que varía entre el 25 y 30 por ciento, con un balance negativo que seguramente condicionará las metas productivas a nivel nacional”. Por su parte, Fontanetto (2004), citado en el sitio de la SAGPyA (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/granos/fertilizantes.php>), llega a conclusiones más o menos similares, al estimar que la exportación neta de suelos podría estar, en 2004, en una cifra de 5,5 a 7,0 millones de toneladas.

acompañado al desarrollo agrícola desde tiempos inmemoriales, aunque por ello no debe dejar de ser fuente de preocupación y permanente búsqueda de alternativas, tanto en términos tecnológicos como de políticas sectoriales. Lo que sí se resalta en este análisis es que el paquete SD + soja tolerante a herbicida es una alternativa superadora respecto de la situación precedente, aunque es claro que la misma, por sí sola, no resuelve todos los problemas de sostenibilidad implícitos en el proceso de intensificación agrícola. Este proceso tiene que continuar siendo monitoreado en su evolución de manera de poder ir anticipando los problemas que se puedan ir generando, mas aún cuando la expansión del modelo productivo va incorporando nuevas regiones agroecológicas, tal es este caso, y en esto se deberían tomar en cuenta no sólo los temas referidos a la fertilidad de los suelos, sino también los vinculados al control de plagas y enfermedades, y entre otros.

### 3.2 Algunos indicadores del impacto social de las transformaciones productivas

En cuanto a la dimensión social de la evolución descrita, la diversidad de situaciones involucradas y, en muchos casos, la ausencia de información confiable, hace difícil plantear un panorama claro sobre cuáles puede ser las implicancias específicas de los procesos a los que nos hemos estado refiriendo. Sin embargo, algunos datos generales permitirían plantear que algunas de las percepciones generales que usualmente se discuten acerca de las consecuencias de la evolución del sector en los últimos años, como la aceleración de la tendencia a la expulsión de pobladores del sector rural, no se condicen con los datos existentes, y también que el papel del sector en la socioeconomía del país es, quizás, mucho mas estratégico aún de lo que se reconoce cuando se lo discute en términos de las variables económicas solamente (por ejemplo, su peso en las exportaciones del país).

Un primer aspecto que es importante resaltar tiene que ver con lo que ha pasado con la concentración de la tierra. Según los datos de los censos agropecuarios de 1988 y 2002, el número de empresas agropecuarias (EAPs) se redujo en un 20,9%, pasando de 421 mil explotaciones a 333 mil, mientras que el tamaño promedio aumentó de 421,2 ha a 524,1 ha. Sin embargo, es interesante notar que esta tendencia no significa un quiebre respecto de lo que viene ocurriendo desde hace décadas en el sector y que esta disminución, medida en términos de la tasa de variación interanual, se mantiene dentro de los valores registrados desde fines de la década de 1960, lo cual probablemente, más que un fenómeno local, refleja lo que es la realidad de este tipo de agricultura, ya que esta tendencia es similar a la que se observa en Australia, Canadá y Estados Unidos. Estos países comparten con Argentina un sendero de innovación tecnológica común en el sector agropecuario, con preeminencia de tecnologías ahorradoras de mano de obra que inducen naturalmente a un proceso de consolidación fundiaria que permite el logro de economías de escala, generadas por la introducción de maquinarias cada vez más grandes y poderosas.<sup>13</sup>

En relación con las “nuevas” áreas de expansión agrícola, el NOA y el NEA, un reciente estudio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (Paruelo y Oesterheld, 2004), que analizó 96 departamentos de las provincias de Formosa, Chaco, Santiago del Estero, Salta, Santa Fe y Corrientes, en base a los censos de 1988 y 2002, encuentra que la población total en las áreas analizadas

---

<sup>13</sup> Este es un proceso que se ha dado (y continúa) en la mayoría de los países con sectores agroexportadores. La superficie promedio por establecimiento en Estados Unidos, por ejemplo, se triplicó entre 1934 y 1994, año en que llegó a 448 acres - unas 168 hectáreas (Economic Research Service. *Structural and Financial Characteristics of U.S. Farms*, 1994: 19<sup>th</sup> Annual Farm Report to Congress. AIB-735. Agosto 1997.) De no haber existido el paraguas protector de los programas federales de intervención en los mecanismos de asignación de factores de producción a la actividad agropecuaria (*set asides, loan rates, deficiency payments*, etc.), este proceso muy probablemente se hubiera agudizado. El mismo estudio del Economic Research Service del USDA (*Op. Cit.*), hace referencia a que el 66% de los productores agropecuarios comerciales de los Estados Unidos reciben subsidios.

aumentó a un ritmo bastante importante, y que también se observa, a nivel agregado, una reducción en el porcentaje de población con sus necesidades básicas insatisfechas (NBI) del 3,6% para toda la región (7,5% para el Chaco, 8% para los departamentos de Salta incluidos en el estudio y 1,1% para Santiago del Estero). Hay que acotar, sin embargo, que cuando se intenta correlacionar directamente los departamentos de mayor crecimiento agrícola con dichos cambios en las NBI, el estudio no encuentra tendencias definidas.<sup>14</sup>

Un segundo aspecto, en cierta medida relacionado con el de la evolución de la población rural, es el de la evolución del empleo directo en el sector agropecuario. Según las estimaciones de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales, para el período 1993-2005, el mismo se mantiene estable, entre 1,2 y 1,3 millones de empleos. En esto, sin embargo, se debería aclarar que la metodología que utiliza el INDEC para estas mediciones no considera como empleo agropecuario a los servicios tales como los contratistas y el personal que presta servicios sanitarios en la ganadería, áreas donde han existido aumentos significativos como consecuencia de los cambios en las estrategias productivas a los que hemos hecho referencia arriba. De cualquier manera estas cifras son una clara evidencia de la contribución del sector, pero cobra aún mayor relevancia si se considera que este aumento se dio en el mismo período en que la situación global del empleo en el país se deterioró hasta alcanzar las más altas tasas de desempleo en toda nuestra historia, con lo cual, el hecho que el empleo en el sector se mantuviera estable ya debe ser considerado como una importante contribución positiva.

Un detalle adicional, que resalta la importancia del sector agropecuario en la socioeconomía del país, está relacionado con su aporte a las cuentas fiscales. En este sentido, si bien la contribución impositiva total del sector es importante –esto es resultado directo de la magnitud de su peso en el PBI del país – resulta interesante analizar la contribución adicional que ha realizado desde la salida de la convertibilidad y el establecimiento del régimen especial de derechos de exportación. Según estimaciones recientes (López, 2006), el total de los ingresos fiscales originados exclusivamente en el complejo sojero, a partir del año 2002, alcanza a una cifra superior a los 6.100 millones de dólares, si se toma el conjunto de la actividad, y a algo menos de 3.500 millones, si se considera solamente la contribución al aumento de la producción – y consecuentemente de las exportaciones – del complejo, atribuible a la liberación de las variedades GM (este tema será examinado en mayor profundidad en el capítulo siguiente).

---

<sup>14</sup> Según el debate realizado alrededor de este estudio, esta tendencia indeterminada podría deberse a que, de haber este tipo de relaciones, éstas se manifestarían a escala local – nivel de pueblo – pero este análisis no es posible, ya que la información para las NBI existe sólo para el nivel departamental (comunicación personal de Martín Oesterheld a uno de los autores).

## CAPÍTULO 4

### LOS IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA LIBERACIÓN DE LOS CULTIVOS GM EN LA AGRICULTURA ARGENTINA

#### 4.1 Introducción y planteo metodológico

La herramienta analítica empleada para estimar los impactos económicos de la disponibilidad de eventos GM en el sector agropecuario argentino consiste en un modelo dinámico de simulación (SIGMA), desarrollado por el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). El modelo reconstruye, mediante ejercicios de simulación, la realidad que se observa en el campo en países como la Argentina, con una marcada heterogeneidad de realidades tecnológico-productivas, no atribuibles a diferencias agroecológicas sino a factores socio-económicos (macro y micro).

El componente clave del modelo es la reconstrucción del proceso de adopción, por los productores, de innovaciones tecnológicas que generan modificaciones en la función de producción, induciendo el uso más eficiente de los recursos, lo que, a su vez, genera una reducción en el costo unitario y/o un aumento en la calidad del producto (expresado como un incremento del precio) y/o una expansión del área potencialmente apta para la producción comercial del rubro en cuestión.

El modelo puede ser empleado para estudios *ex-ante* y *ex-post*, y el resultado final es una estimación de los efectos sobre la producción agregada (regional o nacional), de escenarios alternativos de generación y adopción de tecnología. Esto es, SIGMA calcula el beneficio social (no la rentabilidad privada), es decir, cuánto más sería producido (en volumen y valor), en comparación con una línea de base definida, por la adopción (por senderos que varían según el perfil del productor), de tecnologías disponibles en el mercado o a ser generadas en el futuro por el sistema de I&D (para mayores detalles, ver Anexo I).

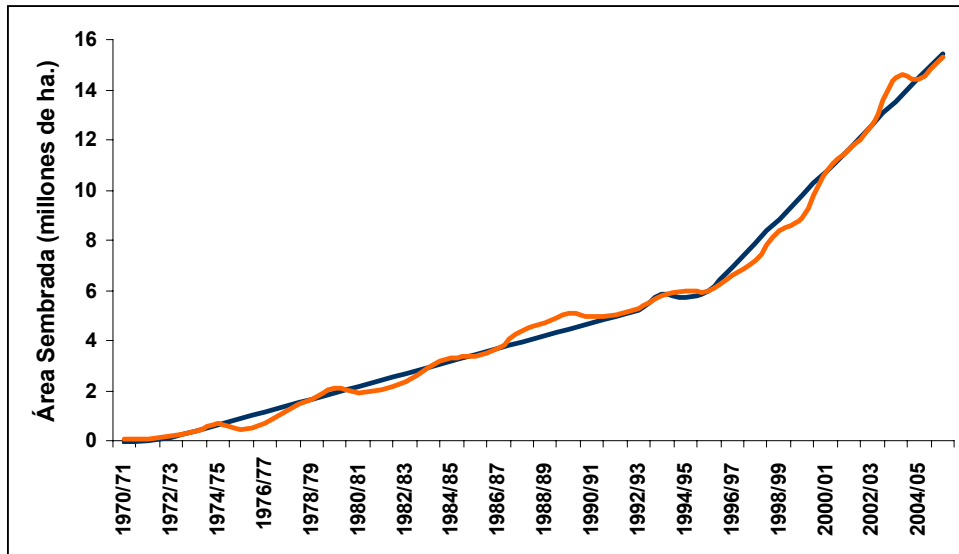
La mayoría de los datos empleados en las corridas de simulación incluidas en este capítulo (desagregados a nivel de zona agroecológica homogénea), fueron obtenidos del Estudio del Perfil Tecnológico del Sector Agropecuario Argentino (INTA, 2002), complementados por datos de la SAGPyA, ArgenBio, INDEC y FAO.

#### 4.2 El caso de la soja tolerante a herbicida

La aparición en el mercado argentino, en 1996, de variedades de soja GM tolerantes a glifosato marcó, como hemos visto arriba, el comienzo de un proceso de alcances e implicancias que todavía hoy, diez años después, no han sido completamente analizados y evaluados.

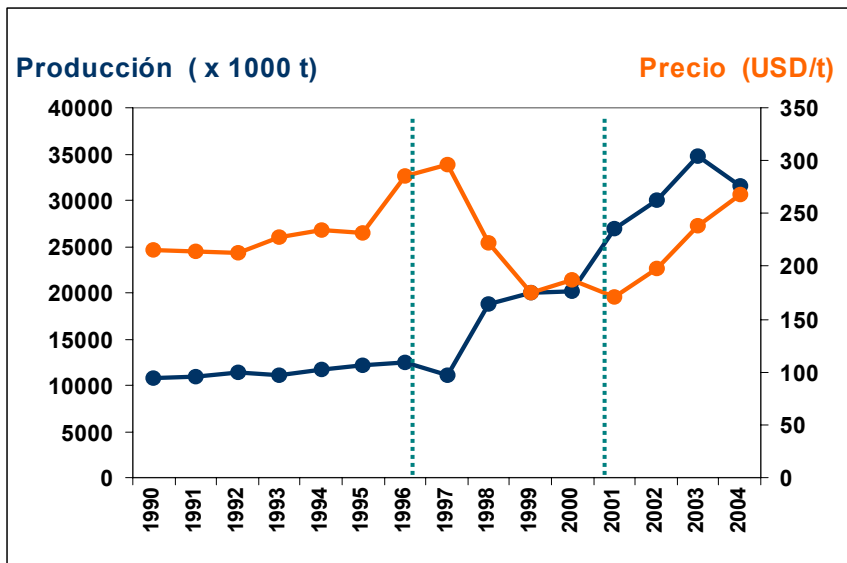
La magnitud del cambio se puede apreciar de manera evidente a partir de lo que ocurre con la evolución del área sembrada con soja en la Argentina, la cual sufre un dramático cambio de tendencia a partir de la campaña 1996/97, para triplicarse (pasando de 3,3 a 10%/año) desde entonces hasta el presente (Gráfico 4.1) Este proceso no ha respondido a las tradicionales fuerzas de mercado, en las que la asignación de tierra a las diferentes actividades productivas es el resultado de los cambios en los precios relativos de los distintos productos que compiten por la tierra disponible. En general, la respuesta de los productores (medida por el área que se destina a cada rubro), está determinada por las elasticidades-precio propias y cruzadas de la oferta de cada uno de esos productos. Examinemos con mayor detenimiento el caso de la soja. En el Gráfico 4.2 se presenta la evolución de la producción de soja en Argentina y de los precios FOB.

Gráfico 4.1: Argentina: Evolución del área sembrada con soja (1970/71 - 2005/06).



Fuente: Brescia, V. (2006), en base a datos de la SAGPyA

Gráfico 4.2: Argentina: Evolución de producción y precios (FOB-Buenos Aires) de la soja.



Fuente: SAGPyA (2006)

Entre 1996 y 2001 la oferta de soja en Argentina (es decir, la manifestación visible de las decisiones de optimización de miles de productores), se comportó como si la elasticidad-precio tuviera el signo equivocado (baja el precio y sube el volumen ofertado). Lo que sucedió, en realidad, fue que la oferta no respondió a una mejora en el precio del producto, sino a la introducción de una innovación tecnológica que bajaba los costos de producción, pero además (y esto es lo más importante), reducía la inelasticidad de la disponibilidad de tierra apta para su cultivo. Es decir, la ecuación de optimización de los productores comenzó a considerar la variable del stock adicional de área potencialmente cultivable (a una escala de millones de hectáreas). En otra sección se volverá sobre el tema y sus implicancias tecnológicas y económicas.

#### 4.2.1 Los impactos económicos directos

A partir de este contexto, la estimación del impacto económico de la introducción de la nueva tecnología (la soja GM) se calculó reconociendo dos fuentes principales de beneficios. Una es la reducción de los costos en un monto promedio de 20 USD/ha<sup>15</sup>, que implica la adopción de la nueva tecnología, reducción que es aplicable tanto a la soja de primera como a la de segunda (siguiendo al trigo) y que se produce, principalmente, por la eliminación de las labores e insumos asociados con la aplicación de herbicidas selectivos de pre y post-emergencia, que sí requieren las variedades convencionales. Estos beneficios son aplicables a toda el área dedicada a soja en cada año, ajustando siempre por el porcentaje de adopción correspondiente a ese año en particular. En la Tabla 4.1 se presenta un resumen agregado de los valores a nivel nacional.

**Tabla 4.1: Evolución del beneficio bruto de la liberación de soja GM por reducción de costos de producción.**

CAMPAÑA	ÁREA CON SOJA GM (ha)	BENEFICIO BRUTO (M USD)
1996/97	370.000	7,40
1997/98	1.800.000	36,00
1998/99	4.875.396	97,51
1999/00	6.870.511	137,41
2000/01	8.783.542	175,67
2001/02	10.381.943	207,64
2002/03	11.756.084	235,12
2003/04	13.057.989	261,16
2004/05	14.407.585	288,15
2005/06	15.859.058	317,18
		<b>1.763,24</b>

Fuente: elaboración propia en base a estimaciones de ArgenBio y resultados de corridas de simulación SIGMA.

La segunda fuente de beneficios tiene su origen en la expansión del área sembrada con soja, por encima de la tendencia preexistente en 1996. Esto ocurrió a través de dos mecanismos: el primero fue el incremento de la soja de segunda, especialmente a través de la combinación siembra directa-soja GM. Ello implica que esta fracción de la expansión del área se dio sin sustitución por otros cultivos. El segundo es el avance de la “frontera agrícola” de la soja hacia zonas extra-pampeanas, donde sustituyó a otros cultivos, especialmente al algodón y a regiones consideradas hasta entonces como “marginales” para la actividad agrícola, en las que reemplazó a la ganadería, lo que implicó un aumento efectivo del stock de tierras aptas para la agricultura, inducida por una innovación tecnológica.

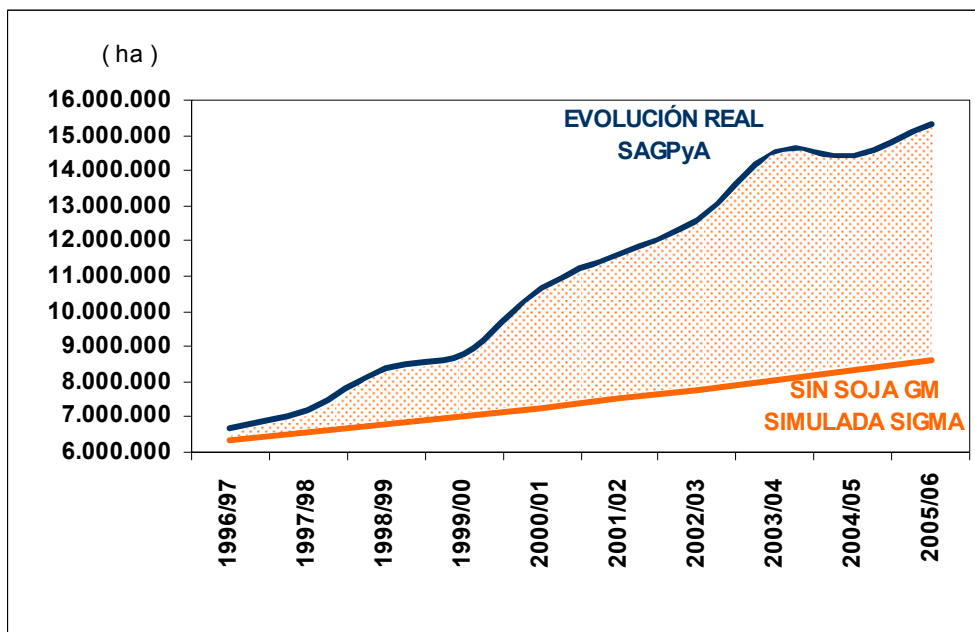
A los efectos de calcular este componente de los beneficios, se comparó la evolución real del área sembrada (según datos de la SAGPyA) con la simulación (recurriendo al modelo SIGMA) del “pasado que no fue”, es decir, lo que hubiese

<sup>15</sup> Véase Penna, J. y Lema, D. (2003). “Adoption of Herbicide Tolerant Soybeans in Argentina: An Economic Analysis” in *The Economic and Environmental Impacts of Agbiotech. A Global Perspective*. Nicholas Kalaitzandonakes (ed.). 2003. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.



ocurrido con el área sembrada de soja en la Argentina de no haber estado disponible la nueva tecnología. Para esto se construyó una línea de base para el período 1996-2006, respetando la tendencia pre-1996, suponiendo que la soja GM no estuvo disponible, y se la comparó con el pasado que sí fue. La representación gráfica de ambos pasados puede verse en el Gráfico 4.3. Las diferencias cuantitativas entre la evolución observada y la simulada han sido resumidas en la Tabla 4.2. La Tabla 4.3, por su parte, resume los beneficios brutos originados en la expansión del área cultivada con soja, mientras que la Tabla 4.4 presenta los beneficios sumados de ambos efectos.

**Gráfico 4.3: Evolución del área sembrada REAL (SAGPyA) vs. área sembrada sin liberación de soja GM, simulada por SIGMA.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos SAGPyA y de corridas de SIGMA

**Tabla 4.2. Área real sembrada con soja desde la liberación de las variedades GM (datos SAGPyA) y datos simulados de la evolución de área sembrada sin GM (SIGMA).**

CAMPAÑA	ÁREA SEMBRADA (ha)		
	SAGPyA	SIMULADA SIN SOJA GM	DIFERENCIA GM
1996/97	6.669.500	6.291.689	377.811
1997/98	7.176.250	6.369.623	806.627
1998/99	8.400.000	7.107.989	1.292.011
1999/00	8.790.500	6.950.402	1.840.098
2000/01	10.664.330	8.206.674	2.457.656
2001/02	11.639.240	8.487.098	3.152.142
2002/03	12.606.845	8.675.062	3.931.783
2003/04	14.526.606	9.720.962	4.805.644
2004/05	14.399.998	8.616.285	5.783.713
2005/06	15.329.000	8.451.997	6.877.003

Fuente: Elaboración propia en base a datos SAGPyA y de corridas de SIGMA.

Tabla 4.3: Evolución del beneficio bruto de la liberación de la soja GM por expansión de área cultivable.

CAMPAÑA	ÁREA SEMBRADA DIFERENCIA GM (ha)	RENDIMIENTO SAGPyA (t/ha)	PRECIO FOB (USD/t)	BENEFICIO BRUTO (M USD)
1996/97	377.811	1,7212	296,50	192,81
1997/98	806.627	2,6937	221,83	482,00
1998/99	1.292.011	2,4450	175,33	553,87
1999/00	1.840.098	2,3312	187,42	803,95
2000/01	2.457.656	2,5846	171,50	1.089,40
2001/02	3.152.142	2,6304	198,00	1.641,68
2002/03	3.931.783	2,8034	238,42	2.627,94
2003/04	4.805.644	2,2075	268,08	2.843,90
2004/05	5.783.713	2,7285	230,67	3.640,06
2005/06	6.877.003	2,6421	225,56	4.098,21
				<b>17.973,81</b>

Fuente: elaboración propia en base a datos de SAGPyA y resultados de corridas de simulación SIGMA.

Tabla 4.4: Evolución del beneficio bruto total de la liberación de la soja GM.

CAMPAÑA	BENEFICIO BRUTO POR REDUCCION DE COSTOS (M USD)	BENEFICIO BRUTO POR EXPANSIÓN DE ÁREA (M USD)	BENEFICIO BRUTO TOTAL GM (M USD)
1996/97	7,40	192,81	200,21
1997/98	36,00	482,00	518,00
1998/99	97,51	553,87	651,38
1999/00	137,41	803,95	941,36
2000/01	175,67	1.089,40	1.265,07
2001/02	207,64	1.641,68	1.849,32
2002/03	235,12	2.627,94	2.863,06
2003/04	261,16	2.843,90	3.105,06
2004/05	288,15	3.640,06	3.928,21
2005/06	317,18	4.098,21	4.415,39
	<b>1.763,24</b>	<b>17.973,81</b>	<b>19.737,06</b>

Fuente: elaboración propia en base a resultados de corridas de simulación SIGMA.

#### 4.2.2 Ajuste de los beneficios generados por los efectos de sustitución entre productos y distribución entre actores del sector

Los beneficios estimados en la sección anterior deben ser ajustados por el impacto que la expansión de la soja GM tuvo sobre las áreas dedicadas a los otros cultivos y a la ganadería. La cifra asignada a la variación de área dedicada a ganadería (carne y leche) fue calculada por descarte: son las hectáreas que quedan "sin asignar" una vez descontadas las reducciones en superficie cultivada de algodón y girasol (los ajustes en sorgo han sido menores, con una reducción neta del orden de las 90.000 ha).

De esta manera, se ha estimado que el área dedicada a ganadería se redujo en más de 5 millones de hectáreas entre 1996 y 2006. Es probable que una fracción importante corresponda a superficie con forrajeras implantadas (especialmente en el caso de producción de leche, pero también aplicable a ganadería de carne en algunas zonas). La Tabla 4.5 resume los cambios en área dedicada a cada actividad a lo largo de la última década, y las Tablas 4.6 a 4.8 presentan un resumen del procedimiento empleado para computar los beneficios de la liberación de las variedades de soja tolerantes a glifosato, netos de los efectos de sustitución en cada una de las otras actividades productivas. Finalmente, la Tabla 4.9 presenta la evolución de los beneficios de la incorporación de la soja GM, netos de los impactos sobre las otras actividades productivas y el total para todo el período analizado, el cual alcanza a 19.817 millones de dólares.

**Tabla 4.5: Cambios en el área dedicada a soja total, soja 2º, algodón, girasol y ganadería.**

CAMPAÑA	Δ ha	Δ ha	Δ ha	Δ ha	Δ ha
	SOJA	SOJA 2º	ALGODÓN	GIRASOL	GANADERÍA
1996/97	667.345	838.800	-54.240	-290.850	516.545
1997/98	506.750	-575.900	177.590	391.650	-1.651.890
1998/99	1.223.750	-74.160	-382.220	732.400	-1.648.090
1999/00	390.500	442.010	-404.980	-656.800	1.113.290
2000/01	1.873.830	326.900	64.955	-1.610.880	-1.005
2001/02	974.910	232.510	-236.862	74.245	-579.783
2002/03	967.605	-431.581	-15.834	327.635	-1.710.987
2003/04	1.919.761	219.108	108.178	-530.037	-1.278.794
2004/05	-126.608	1.168.122	140.034	118.636	1.036.060
2005/06	929.002	141.917	-97.421	293.401	-983.065
<b>95/96 - 05/06</b>	<b>9.326.845</b>	<b>2.287.726</b>	<b>-700.800</b>	<b>-1.150.600</b>	<b>-5.187.719</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la SAGPyA.

**Tabla 4.6: Cambios en área cultivada y producción de algodón y su valoración.**

CAMPAÑA	Δ ha	Δ Q	ALGODÓN		VALORACIÓN
	ALGODÓN	ALGODÓN	Precio(USD/t)	Rend (t/ha)	Δ ALGODÓN (M USD)
1996/97	-54.240	-62.966	400,00	1,1609	-25,19
1997/98	177.590	199.588	400,00	1,1239	79,84
1998/99	-382.220	-368.986	400,00	0,9654	-147,59
1999/00	-404.980	-509.356	400,00	1,2577	-203,74
2000/01	64.955	85.246	400,00	1,3124	34,10
2001/02	-236.862	-313.685	400,00	1,3243	-125,47
2002/03	-15.834	-21.895	400,00	1,3828	-8,76
2003/04	108.178	150.142	400,00	1,3879	60,06
2004/05	140.034	167.546	400,00	1,1965	67,02
2005/06	-97.421	-131.786	400,00	1,3528	-52,71
<b>1995/96 - 2005/06</b>	<b>-700.800</b>	<b>-806.153</b>			<b>-322,46</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la SAGPyA.

Tabla 4.7: Cambios en área cultivada y producción de girasol y su valoración.

CAMPAÑA	Δ ha	Δ Q	GIRASOL		VALORACIÓN
	GIRASOL	GIRASOL	Precio(USD/t)	Rend (t/ha)	Δ GIRASOL (M USD)
1996/97	-290.850	-527.065	249,08	1,8122	-131,28
1997/98	391.650	658.340	280,58	1,6809	184,72
1998/99	732.400	1.282.846	196,67	1,7516	252,29
1999/00	-656.800	-1.146.509	160,58	1,7456	-184,11
2000/01	-1.610.880	-2.689.737	188,67	1,6697	-507,46
2001/02	74.245	141.627	233,29	1,9076	33,04
2002/03	327.635	523.481	246,75	1,5978	129,17
2003/04	-530.037	-912.837	251,75	1,7222	-229,81
2004/05	118.636	225.938	260,09	1,9045	58,76
2005/06	293.401	493.329	226,27	1,6814	111,63
<b>1995/96 - 2005/06</b>	<b>-1.150.600</b>	<b>-1.950.587</b>			<b>-283,05</b>

Fuentes: Elaboración propia en base a datos de SAGPyA.

Tabla 4.8: Cambios en los volúmenes producidos de carne y leche bovinas y su valoración.

AÑO	Δ CARNE BOVINA (x1000 t) (res c/hueso)	VALORACIÓN Δ CARNE BOVINA (M USD)	Δ LECHE (M litros)	VALORACIÓN Δ LECHE (M USD)
1996	26	31,20	-0,18	-0,03
1997	18	21,60	231,97	34,80
1998	-243	-291,60	470,14	70,52
1999	250	300,00	807,27	121,09
2000	0	0,00	-527,87	-79,18
2001	-251	-301,20	-646,33	-96,95
2002	58	69,60	-946,00	-141,90
2003	138	165,60	-578,00	-86,70
2004	468	561,60	1.355,00	203,25
2005	0	0,00	698,00	104,70
<b>1996 - 2005</b>	<b>464</b>	<b>556,80</b>	<b>864,00</b>	<b>129,60</b>

Fuentes: Elaboración propia en base a datos de FAO y la SAGPyA.

NOTA: Precios empleados. Carne bovina: 1200 USD/t de equivalente res c/hueso. Leche fluida: 0,15 USD/litro.

Tabla 4.9: Evolución de los beneficios netos de la liberación de la soja GM.

CAMPAÑA	BENEF BRUTO GM	VAL. Δ GIRASOL	VAL. Δ ALGODÓN	VAL. Δ CARNE BOVINA	VAL. Δ LECHE	BENEF NETO GM
	(M USD)	(M USD)	(M USD)	(M USD)	(M USD)	(M USD)
1996/97	200,21	-131,28	-25,19	31,20	-0,03	74,91
1997/98	518,00	184,72	79,84	21,60	34,80	838,95
1998/99	651,38	252,29	-147,59	-291,60	70,52	535,00
1999/00	941,36	-184,11	-203,74	300,00	121,09	974,60
2000/01	1.265,07	-507,46	34,10	0,00	-79,18	712,52
2001/02	1.849,32	33,04	-125,47	-301,20	-96,95	1.358,73
2002/03	2.863,06	129,17	-8,76	69,60	-141,90	2.911,17
2003/04	3.105,06	-229,81	60,06	165,60	-86,70	3.014,21
2004/05	3.928,21	58,76	67,02	561,60	203,25	4.818,84
2005/06	4.415,39	111,63	-52,71	0,00	104,70	4.579,00
<b>95/96-05/06</b>	<b>19.737,06</b>	<b>-283,05</b>	<b>-322,46</b>	<b>556,80</b>	<b>129,60</b>	<b>19.817,94</b>

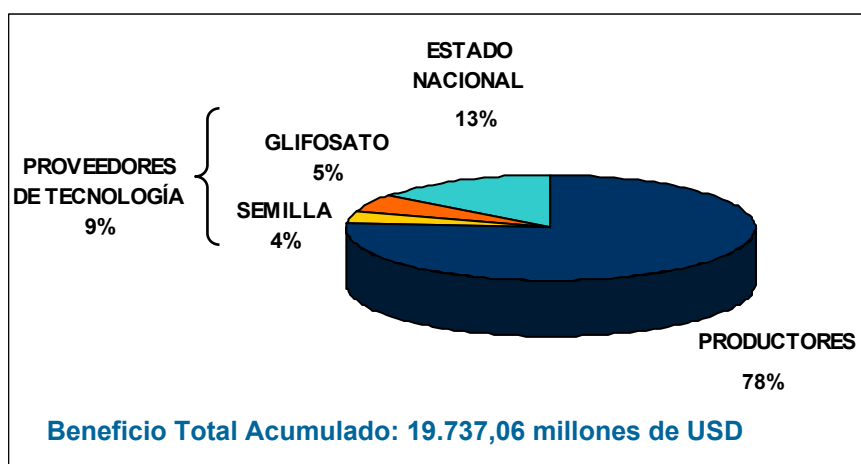
Fuente: Elaboración propia en base a datos de corridas SIGMA y de la SAGPyA.

Finalmente, en base a las corridas del modelo SIGMA utilizadas para la elaboración de los resultados anteriores, se estimó la distribución de los beneficios netos entre los principales actores involucrados, es decir, los productores, los proveedores de tecnología y el Estado Nacional (en base a la imposición de los derechos de exportación a partir de la campaña 2002/03). La Tabla 4.10 y el Gráfico 4.4 presentan los resultados.

Tabla 4.10: Distribución de los beneficios de la soja GM.

CAMPAÑA	BENEF BRUTO GM	ÁREA CON GM	PRODUCTORES (M USD)	PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA (M USD)		ESTADO (M USD)
	(M USD)	(ha)		SEMILLA (*)	GLIFOSATO	
1996/97	200,21	370.000	189,41	5,62	5,18	0,00
1997/98	518,00	1.800.000	467,24	27,36	23,40	0,00
1998/99	651,38	4.875.396	526,08	74,11	51,19	0,00
1999/00	941,36	6.870.511	722,33	109,93	109,10	0,00
2000/01	1.265,07	8.783.542	1.062,35	71,67	131,05	0,00
2001/02	1.849,32	10.381.943	1.640,85	83,06	125,41	0,00
2002/03	2.863,06	11.756.084	2.132,45	82,76	122,26	525,59
2003/04	3.105,06	13.057.989	2.322,13	94,02	120,13	568,78
2004/05	3.928,21	14.407.585	2.928,18	87,60	184,42	728,01
2005/06	4.415,39	15.859.058	3.296,33	134,48	164,93	819,64
<b>TOTAL</b>	<b>19.737,06</b>		<b>15.287,34</b>	<b>770,61</b>	<b>1037,09</b>	<b>2.642,02</b>
				<b>1807,70</b>		
<b>PORCENTAJE</b>	<b>100,00</b>		<b>77,45</b>	<b>3,90</b>	<b>5,25</b>	<b>13,39</b>

(\*) Se computó el equivalente al 20% del área sembrada con soja GM (el 80% restante se distribuye de la siguiente manera: uso propio (32%) y bolsa blanca (48%). Fuentes: Elaboración propia en base a datos de corridas SIGMA, Márgenes Agropecuarios, y Costamagna, O. (2004).

**Gráfico 4.4: Distribución de los beneficios acumulados generados por la soja GM durante el período 1996-2005.**

Fuente: Tabla 4.10

Los valores atribuidos a “productores”, presentados en la Tabla 4.10 y el Gráfico 4.4, representan el ingreso bruto adicional generado por la nueva tecnología deducidos los insumos directamente asociados a la misma (la semilla transgénica y el glifosato) y los impuestos a las exportaciones. No se han deducido los otros costos directos, tales como labores (siembra, pulverizaciones, fertilización y cosecha) y otros insumos (inoculantes, fertilizantes, plaguicidas, etc.), ni los costos indirectos, como la remuneración al capital fundiario (arrendamiento) y la retribución al empresario y, por lo tanto, no se trata del beneficio neto de la actividad. Se ha optado por este tipo de presentación de manera de mantener separados el concepto de beneficio social de una innovación, definido en la sección inicial de este capítulo como el valor de la producción que no se hubiera generado de no haber estado disponible la tecnología GM, del de rentabilidad privada de la actividad productiva (la cual no ha sido tema de análisis en este trabajo). Esta aclaración es igualmente válida para los cálculos presentados para maíz y algodón (secciones 4.3 y 4.4, respectivamente).

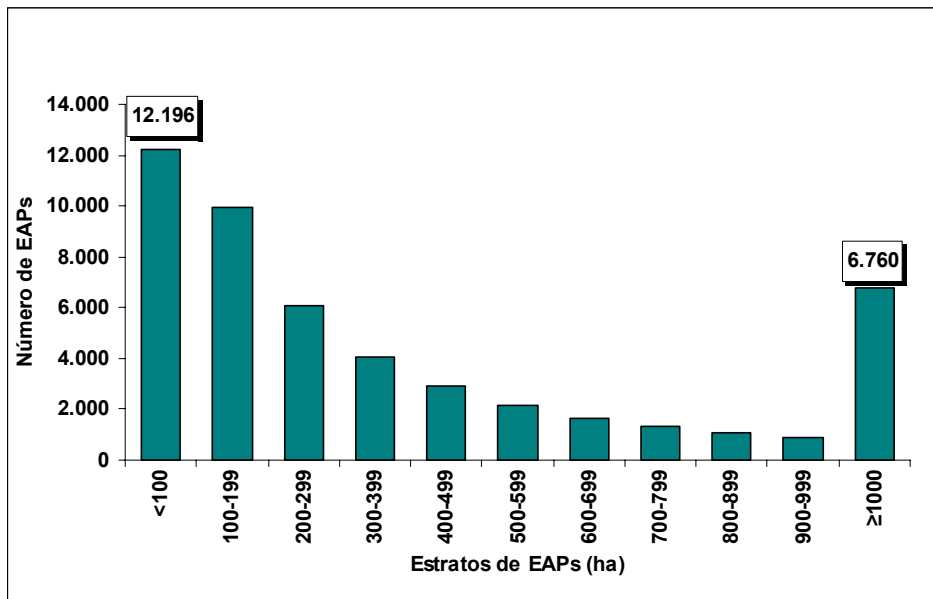
#### 4.2.3 Una caracterización del perfil del productor de soja por número, tamaño y ubicación geográfica. Implicancias para la equidad distributiva de la tecnología y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Una revisión de los datos del Censo Nacional Agropecuario (CNA) 2002 aclara algunas de las cuestiones que se han debatido intensamente a lo largo de los últimos diez años. Particularmente, en lo referido a cómo han sido los sesgos dentro del sector productivo del proceso de “sojización” y cuáles han sido los segmentos de productores que más se han beneficiado de este proceso. En primer lugar, sobre un total de EAPs (explotaciones agropecuarias, que es el término que utiliza el INDEC para identificar al objeto censado) de 333.533, el número que cultivaba, en 2002, por lo menos 10 hectáreas de soja, era de 49.064<sup>16</sup>, o sea, un 14,71%, lo que significa que el 85,29% de todas las explotaciones del país no cultivaban soja en la campaña 2001/2002. El total de área sembrada para esa campaña fue de 10,8 millones de hectáreas. En el Gráfico 4.5 se presenta el detalle de la distribución, por tamaño, de las EAPs que cultivaban soja en 2002, en estratos de 100 hectáreas. La primera columna de la izquierda corresponde a establecimientos que tienen menos de 100 hectáreas (12.196, un 24,85% del total) y la última de la derecha agrupa a todas las EAPs que superan las 1.000 hectáreas (6.760, un 13,78% del total).

<sup>16</sup> Fuente: elaboración propia en base a datos del CNA 2002 (INDEC).

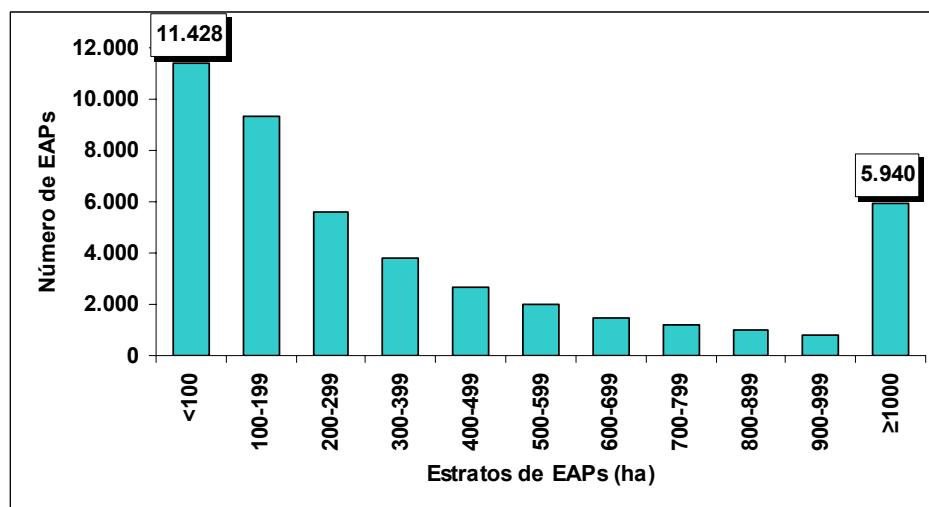
Por otra parte, del total de las 49.064 EAPs que cultivaron soja en la campaña 2001/2002, 45.169 (el 92%), se encuentra en la región pampeana<sup>17</sup> (ver Gráfico 4.6). El área total con soja, calculada sumando los parciales correspondientes de esas explotaciones, fue, para esa campaña, de 9,45 millones de hectáreas, lo que equivale al 87,41% del total nacional. Estos datos sugieren que el protagonismo del proceso de transformación de los sistemas productivos a partir de la liberación de los materiales de soja tolerantes herbicidas ha sido un fenómeno predominantemente pampeano. Aún cuando en términos porcentuales la evolución del cultivo de la soja haya sido importante en las provincias extra-pampeanas, lo cierto es que su participación en el total nacional es reducida y, salvo en los casos de Salta y, en menor medida Formosa, el crecimiento del área sembrada parecería haberse estabilizado a partir del 2001/02 (Gráfico 4.7).

**Gráfico 4.5: Distribución por tamaño de las 49.064 EAPs que incluyen soja en sus planteos. Total nacional.**



Fuente: elaboración propia en base a datos del CNA 2002 (INDEC).

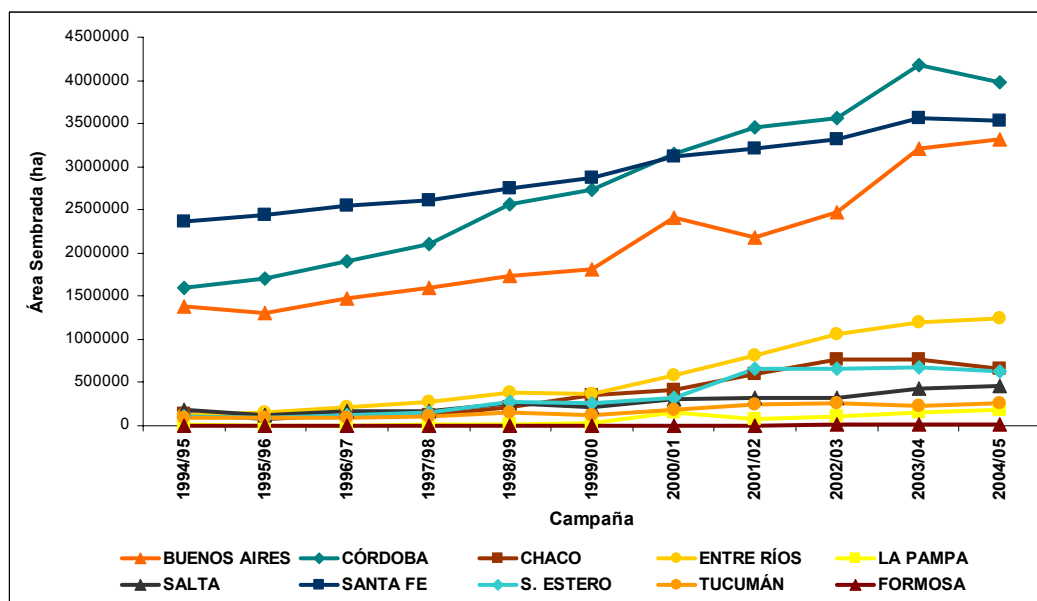
**Gráfico 4.6: Distribución por tamaño de las 45.169 EAPs que incluyen soja en sus planteos. Región pampeana.**



Fuente: elaboración propia en base a datos del CNA 2002 (INDEC).

<sup>17</sup> El CNA 2002 define como Región Pampeana al agregado de las siguientes provincias: Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa y San Luis.

**Gráfico 4.7: Evolución del área sembrada con soja por provincia (1994/95-2004/05).**



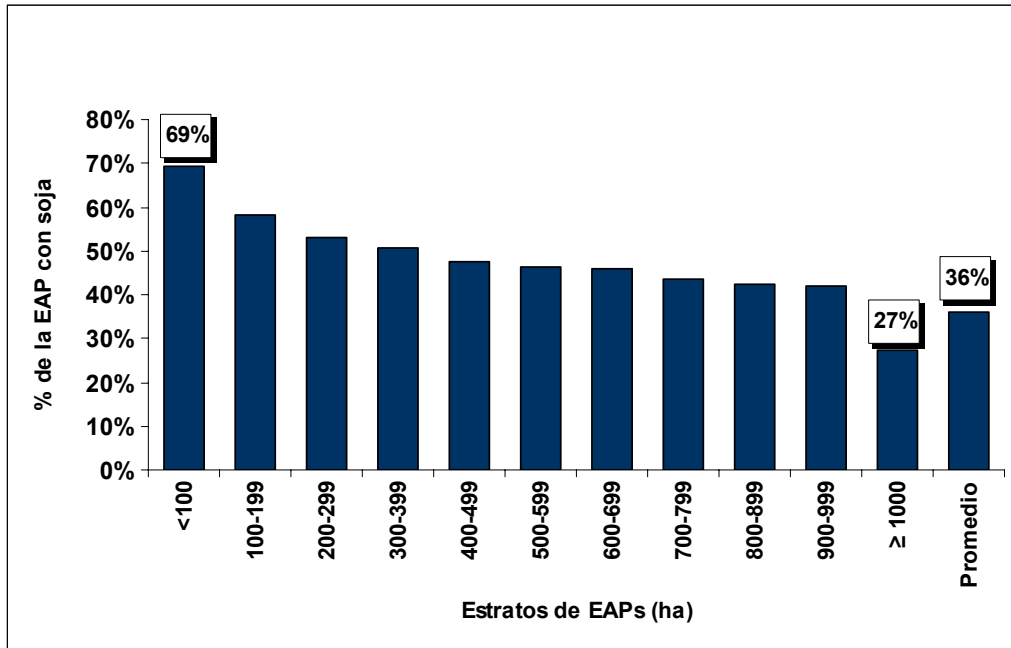
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la SAGPyA, Dirección de Coordinación de Delegaciones

Desde el punto de vista de la distribución de los beneficios económicos generados por la introducción de la nueva tecnología, es de interés examinar también la participación de la soja en los planteos productivos, de acuerdo al tamaño de las EAPs. En el Gráfico 4.8 se resumen los resultados de este análisis: las explotaciones de menos de 100 hectáreas le dedicaban a la soja (1° y 2°), el 69% de la superficie disponible, mientras que los campos de más de 1.000 hectáreas le asignaban apenas un 27%. El promedio para todas las EAPs resultó ser de 36%. Por su parte, en la región pampeana, la proporción con soja del total de tierra disponible, en los establecimientos de menos de 100 hectáreas, fue de 70% (ver Gráfico 4.9), prácticamente la misma proporción que la calculada para el nivel nacional.

Las implicancias de estos valores, en lo referente a la estrategia de “sojización” seleccionada por los pequeños productores para apuntalar la sustentabilidad económico-financiera (de corto plazo) de sus explotaciones, por un lado, y la sustentabilidad ambiental (intergeneracional) de estos sistemas de producción (prácticamente monoculturales), por el otro, no son menores, ya que los altos guarismos observados están indicando, sin duda, la ausencia de las rotaciones mínimas requeridas para mantener la fertilidad de los suelos en el mediano-largo plazo. Buena parte de este comportamiento encuentra, probablemente, sustento en las rentabilidades relativas de los cultivos involucrados, donde la ventaja está claramente en la soja, *vis a vis* el maíz y el trigo. En el período 1994/95-2004/05 los márgenes netos de la soja fueron menores a los del maíz en sólo dos oportunidades (1995/96 y 1998/99), y marcadamente favorables en el resto, llegando incluso a relaciones de 3 a 1 en algunos casos (2001/02 y 2003/04); las resultados fueron aún más favorables en el caso del trigo (ver López 2006).

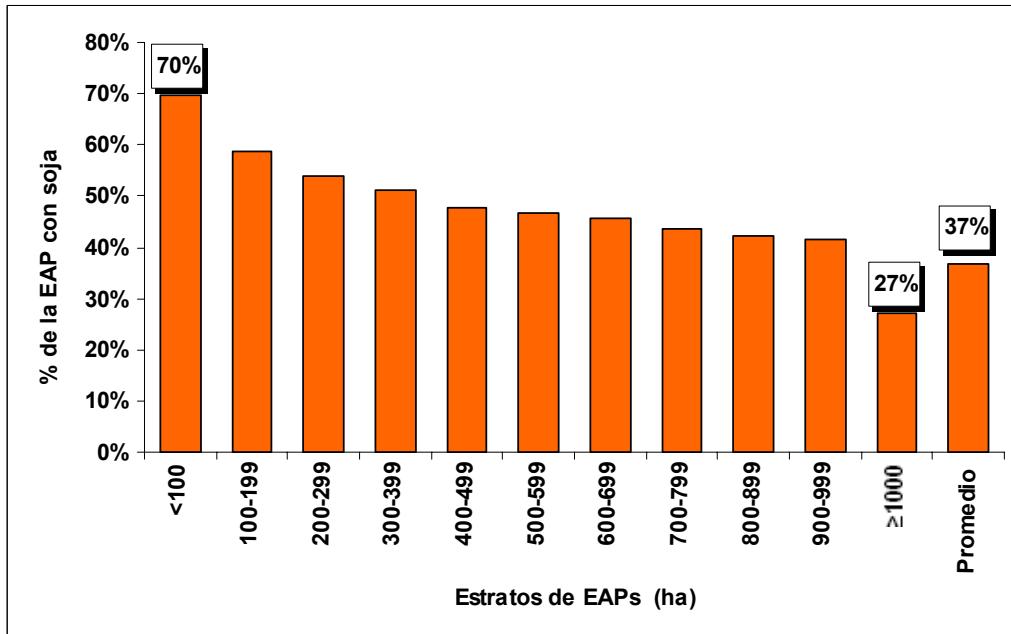


Gráfico 4.8: Relación entre tamaño de EAP y la fracción dedicada a soja (%). Total nacional.



Fuente: elaboración propia en base a datos del CNA 2002 (INDEC).

Gráfico 4.9: Relación entre tamaño de EAP y la fracción dedicada a soja (%). Región pampeana.



Fuente: elaboración propia en base a datos del CNA 2002 (INDEC).

Los comportamientos descriptos para los pequeños productores no parecen estar, sin embargo, correlacionados con la liberación de las variedades de soja tolerantes a herbicida (en 1996): replicando el análisis presentado en esta sección, pero empleando los datos del CNA 1988, se pudo comprobar que, para la campaña 1987/1988, cuando aún faltaba casi una década para la introducción de la nueva

tecnología, las EAPs de menos de 100 hectáreas ya dedicaban al cultivo de soja el 62,54% de la tierra disponible<sup>18</sup>.

#### 4.2.4 Los costos incurridos en términos del balance de nutrientes de los suelos

Con frecuencia se menciona que el proceso de expansión del cultivo de soja, impulsado por la introducción de las variedades GM, no es sustentable en el largo plazo por su incidencia negativa sobre el balance de nutrientes de los suelos, particularmente en términos de la disponibilidad de fósforo y considerando el bajo nivel de fertilización registrado (insuficiente para reponer esa disponibilidad). En vistas de la importancia de esta discusión y tomando como base los índices de extracción de nutrientes calculados por Cruzate y Casas<sup>19</sup>, se estimó el volumen total de nutrientes “exportados” por la producción de soja, expresados en toneladas de superfosfato triple (SFT) y, en función de éstos, el costo de su reposición vía fertilización química. La tabla 4.11 presenta los resultados de este ejercicio para la década 1996-2005.

**Tabla 4.11: Exportación neta de fósforo como grano de soja (equivalentes superfosfato triple) y costo de reposición.**

CAMPAÑA	HA SOJA	TONELADAS DE SFT EXPORTADAS	PRECIO SFT (USD/t)	COSTO DE REPOSICIÓN (M USD)
1996/97	6.669.500	458.861	270	123,89
1997/98	7.176.250	493.726	290	143,18
1998/99	8.400.000	577.920	290	167,60
1999/00	8.790.500	604.786	310	187,48
2000/01	10.664.330	733.706	300	220,11
2001/02	11.639.240	800.780	300	240,23
2002/03	12.606.845	867.351	295	255,87
2003/04	14.526.606	999.430	290	289,83
2004/05	14.399.998	990.720	340	336,84
2005/06	15.329.000	1.054.635	320	337,48
		<b>7.581.916</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2.302,53</b>

Fuente: Elaboración propia en base a una extracción neta (exportación en forma de grano) de 68,8 kg/ha de superfosfato triple, estimada por Cruzate y Casas (2003); SAGPyA, para área sembrada y Márgenes Agropecuarios para precios de SFT.

De acuerdo con los resultados de este ejercicio, el total “exportado” en forma de grano por la producción de soja alcanza a 7,6 millones de toneladas de fósforo, expresado como superfosfato triple (SFT), siendo el costo total de reposición, de 2.300 millones de dólares.

Dadas la magnitud del proceso y su evolución a lo largo de la década 1996-2005, resumidas en la Tabla 4.11, es evidente que, más temprano que tarde, esta situación se verá reflejada de manera negativa en la productividad del área actualmente cultivada con soja, aún cuando esa caída resulte enmascarada, al menos por un tiempo, por los resultados de los trabajos de fitomejoramiento, tanto del sector público como del privado.

La dinámica de los suelos es, necesariamente, compleja y heterogénea, por lo que es difícil fijar un horizonte temporal para la expresión, en términos de rentabilidad,

<sup>18</sup> Información elaborada por la Unidad Conjunta INTA-INDEC-Fundación ArgenINTA, en base a datos de los CNA 1988 y 2002.

<sup>19</sup> Cruzate G. y Casas R. (2003): *Balance de Nutrientes*. Revista Fertilizar INTA, Año 8, Número Especial “Sostenibilidad”, ISSN 1666.8812, pp 7-13, Diciembre.

de esta pérdida constante de fertilidad química, pero los especialistas acuerdan en que la sostenibilidad de la situación actual ha ingresado en zona de riesgo. Sin embargo, analizada desde una perspectiva de relación beneficio/costo, la situación se aparta significativamente de la visión pesimista, ya que los beneficios generados por el proceso de adopción de las nuevas tecnologías son más que suficientes para restituir, mediante la fertilización química, los nutrientes “exportados” como grano. Como puede verse, comparando los valores presentados en las Tablas 4.9 y 4.11, el costo estimado de la reposición del fósforo exportado a lo largo del período en estudio representa menos del 12% de los beneficios totales netos sociales resultantes de la nueva tecnología.

Es importante aclarar que, si bien se trata de un planteo de estricta factibilidad económica, está formulado en un marco de referencia definido por la existencia de una externalidad negativa asociada a un sistema productivo, es decir, nos encontramos frente a un costo social, representado por la pérdida de fertilidad de los suelos, denominado así (social), porque se entiende que la fertilidad de los suelos es un bien de la sociedad toda, no sólo de los propietarios de la tierra o los arrendatarios y, además, tiene características “intergeneracionales”, porque su incidencia negativa se produce en una etapa previa a su expresión como costo privado, esto es, en forma de reducción de los rendimientos del cultivo.

Precisamente, una de las características definitorias de una externalidad negativa (una “falla de mercado” en la literatura económica) es la inexistencia de señales de precios capaces de inducir a los agentes económicos, mediante mecanismos de mercado, a introducir ajustes en las funciones de producción, de manera de “internalizar” dicha externalidad (en este caso en particular, mediante la incorporación de fertilizantes químicos en cantidad suficiente como para compensar los nutrientes exportados). Por lo tanto se requerirá, muy probablemente, diseñar e implementar políticas sectoriales específicas, que generen incentivos para que dichos actores (propietarios o arrendatarios), pasen a computar en sus planteos productivos, los costos sociales en los que están incurriendo, incorporándolos a sus estructuras de costos (privados), lo que, a su vez, contribuirá a incrementar la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción que incluyan a la soja en sus sistemas.

En esta misma línea de pensamiento se incluye la externalidad negativa asociada con la reducción de materia orgánica en los suelos sometidos al monocultivo de soja (sin rotaciones con maíz, por ejemplo), que comparte con la anterior su carácter de insostenible a largo plazo. Esta otra dimensión, sin embargo, es mucho más compleja de cuantificar (para empezar, no hay un sustituto de la materia orgánica disponible en el mercado de insumos, como es el caso de los fertilizantes) y, además, su tratamiento excede largamente el propósito de este trabajo. Sin embargo, por la magnitud de sus implicancias negativas para el futuro de nuestra agricultura, ambas fallas de mercado deberían ser objeto de estudios de carácter abarcativo (contemplando los aspectos tecnológico, sociológico, normativo, regulatorio, etc.) en un ámbito multidisciplinario<sup>20</sup>, que concluya con propuestas de soluciones, las que van a requerir, para su implementación efectiva, del logro de un amplio consenso informado de todos los sectores de la sociedad.

---

<sup>20</sup> Los trabajos de la Fundación Producir Conservando, AAPRESID y los proyectos INTA sobre valoración de los servicios ambientales de los sistemas de producción, entre otros, son avances importantes en este sentido.

### 4.3 El caso de los maíces GM

#### 4.3.1 Maíz resistente a lepidópteros (Bt)

El beneficio de la adopción de la tecnología Bt consiste en la prevención de las pérdidas en rendimiento causadas por el ataque de una plaga, *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo), en su estado larval. Es decir, el resultado final neto de la interacción cultivo-plaga-germoplasma Bt es una variable estocástica y, por lo tanto, la modelización de su impacto es más compleja que en un caso determinístico, como sería la mejora en indicadores de productividad, una reducción de costos o un incremento del rendimiento, donde el componente aleatorio está asociado casi exclusivamente con el “riesgo climático”, esto es, con temperaturas por un lado y época y volumen de precipitaciones pluviales, por el otro.

Iannone (2002)<sup>21</sup>, estimó que, para la región maicera, el nivel de daño varía entre 10 y 50%, dependiendo de la severidad del ataque y de la época de siembra (cuanto más tardía, mayor incidencia de daño, alcanzando el nivel máximo en los cultivos de segunda). En el trabajo citado, el autor estimó que las pérdidas anuales en la región pampeana alcanzan los 170 millones de dólares.

Para hacer la estimación de beneficios empleando el modelo SIGMA, se formuló un supuesto conservador: en promedio, a lo largo del período bajo análisis (1998-2005), la adopción de híbridos Bt incrementó en un 10% el rendimiento del cultivo (o su equivalente, esto es, evitó pérdidas de producción en esa misma magnitud).

El beneficio a los proveedores de la tecnología se computó en base a la diferencia de precio de la semilla de híbridos Bt con la de un híbrido convencional, es decir, el costo directo adicional por hectárea asociado con la adopción de la tecnología disponible comercialmente a partir de 1998.

En la Tabla 4.12 se resume la evolución del área sembrada con maíz Bt (simulada), así como la evolución de los beneficios y su distribución entre productores, proveedores de tecnología y Estado (Gráfico 4.10).

Si se toma como referencia el valor estimado por Iannone (2002)<sup>22</sup>, esto es, 170 millones de dólares de pérdidas en la región pampeana, el promedio 2004-2005 de los beneficios brutos de la adopción de la tecnología Bt representan unos 105 millones de dólares, o sea que se evitó el 60% de las pérdidas de producción esperables sin tratamiento químico. Estos valores están en línea con el nivel de adopción reportado por ArgenBio para la temporada 2005/2006 (65%).

---

<sup>21</sup> Iannone, N., 2002. Servicio técnico *Diatraea* en maíz. INTA Pergamino. [www.elsitioagricola.com / plagas /intapergamino / diatraea20020502.asp](http://www.elsitioagricola.com/plagas/intapergamino/diatraea20020502.asp)

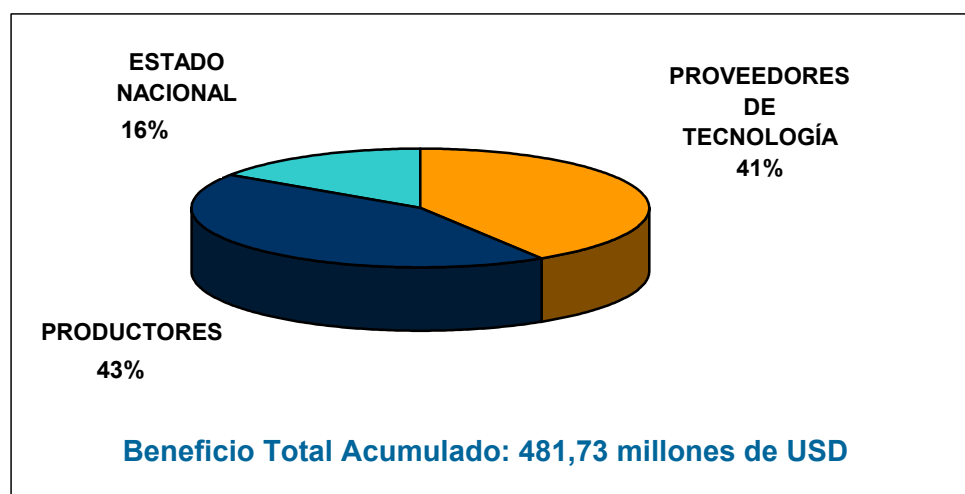
<sup>22</sup> Iannone, N. (2002), *Op. Cit.*

Tabla 4.12: Evolución y distribución de beneficios del maíz Bt.

AÑO	ÁREA CON Bt (ha)	BENEFICIO BRUTO (M USD)	COSTO ADICIONAL Bt (USD/ha)	BENEFICIO NETO (USD)		
				PROVEEDORES (M USD)	PRODUCTORES (M USD)	ESTADO (M USD)
1998	113.738	7,58	20,00	2,27	3,79	0
1999	270.884	16,63	20,00	5,42	7,89	0
2000	557.665	31,72	20,00	11,15	14,22	0
2001	944.280	48,41	5,00	4,72	34,01	0
2002	1.315.787	71,91	18,00	23,68	33,84	14,38
2003	1.574.408	94,60	25,00	39,36	36,32	18,92
2004	1.713.267	118,76	34,00	58,25	36,76	23,75
2005	1.777.478	92,14	30,00	53,32	20,38	18,43
<b>TOTAL</b>		<b>481,73</b>		<b>198,19</b>	<b>208,06</b>	<b>75,48</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>41,14</b>	<b>43,19</b>	<b>15,67</b>

Fuente: Elaboración propia en base a corridas del modelo SIGMA y precios de Márgenes Agropecuarios

Gráfico 4.10: Distribución de los beneficios acumulados resultantes de la adopción de los maíces Bt.



Fuente: elaboración propia en base a los datos de la Tabla 4.12

#### 4.3.2 Maíz tolerante a glifosato

Liberados para su comercialización en 2004, los híbridos de maíz genéticamente modificados tolerantes al herbicida glifosato ocuparon en la última campaña (2005/2006) 70 mil hectáreas (según estimaciones de ArgenBio), es decir, aproximadamente el 2% del total del área sembrada con ese cultivo en esa campaña (3,4 millones de hectáreas). Los escasos dos años en los que estos materiales han estado disponibles hacen desaconsejable encarar una estimación *ex-post* de impacto de la adopción de esta tecnología. A estas consideraciones se agrega la insuficiencia de información sobre el desempeño agronómico de los maíces tolerantes a glifosato, en comparación con materiales similares sin modificar.

De todas maneras, es posible hacer algunas consideraciones generales sobre las perspectivas a futuro de esta tecnología, especialmente si se analizan los cambios

ocurridos en estos últimos meses en los mercados: el marcado incremento de precio del maíz parece estar fuertemente correlacionado con el recorrido alcista del precio del petróleo. El carácter de sustitutos de estos dos commodities era hasta hace relativamente poco tiempo un tema de especulación académica, asociado con la mayor o menor probabilidad de que los países desarrollados indujeran, a través de marcos regulatorios o normativos, una sustitución creciente de combustibles fósiles por biocombustibles, como respuesta a la demanda social, cada vez más políticamente correcta, de reducir la emisión neta de gases de efecto invernadero (que se expresara en el parcialmente malogrado Protocolo de Kyoto). En los últimos tiempos la situación parece haber trascendido este ámbito restringido y ha comenzado a reflejarse en los mercados.

Al cabo de un prolongado período de tiempo en el que el petróleo ha logrado permanecer por encima de la barrera de los 50 dólares por barril, pareciera que se ha instalado entre los agentes económicos la percepción de que lo que se ha producido es, demanda de China e India mediante, un cambio “estructural” en los precios relativos de la energía de suficiente magnitud como para generar expectativas en el sentido de que serán los mercados los que induzcan la tan mentada sustitución y no los gobiernos. Las enormes inversiones previstas en plantas industriales para producir etanol a partir de maíz para los próximos 15 años (80 mil millones de dólares)<sup>23</sup> son una de las expresiones más visibles de esta percepción.

De consolidarse el carácter de sustitutos perfectos (para la producción de combustibles) del maíz y las oleaginosas por un lado, y el petróleo por el otro, las señales de mercado que llegarán al productor serán el resultado del efecto combinado de las respectivas ofertas y demandas de dos sectores (agricultura y energía) que, por lo menos hasta ahora, participaban en la economía en distintos segmentos (el petróleo y sus derivados como insumos para producir commodities agrícolas, por ejemplo). Es como si empezara un partido nuevo. Inclusive los economistas deberían empezar a trabajar en la estimación de nuevas elasticidades-precio, como las de maíz-petróleo y soja-petróleo (tanto de oferta como de demanda).

Con el maíz a 120 dólares es razonable pensar en la expansión de este cultivo fuera de la región pampeana, donde podría competir por tierra con la soja. No debe descartarse la posibilidad de que también esté en condiciones, inclusive, de convertirse en sustituto de la soja de segunda. Existen estudios anteriores que han analizado cuantitativamente esta alternativa y los resultados (en un escenario de precio máximo simulado de 100 dólares por tonelada) aparecen como muy alentadores, tanto en lo micro como en lo macroeconómico, pero también deberían ser considerados especialmente interesantes desde la perspectiva de políticas sectoriales, dado que sería un mecanismo viable para nivelar el “campo de juego” tecnológico, hoy fuertemente sesgado a favor de la soja, lo que a su vez generaría alternativas de mayor sustentabilidad económica y ambiental, además de reducir la vulnerabilidad presente del sistema productivo agrícola nacional, sin necesidad de recurrir a costosas transferencias intersectoriales de recursos (como serían los incentivos fiscales, tales como las desgravaciones, por ejemplo).

#### **4.4 El caso de los algodones GM**

##### **4.4.1 Algodón resistente a lepidópteros (Bt)**

El cálculo de la evolución de los beneficios a productores y proveedores de insumos se hizo empleando el modelo de simulación de generación y adopción de tecnología agropecuaria Sigma V. 2.0, para las regiones NOA, NEA y Santa Fe.

---

<sup>23</sup> <http://www.engineerlive.com/european-process-engineer/16346/and3680-billion-investment-in-ethanol-plants.shtml>

En base a los resultados del trabajo de Elena<sup>24</sup>, se estimó el impacto de la adopción del algodón Bt en el equivalente a un 30% de aumento neto de producción por hectárea, con techos máximos de adopción crecientes por NT (Nivel Tecnológico), de 40% para NTB (bajo), 50% para NTM (medio) y 70% para NTA (alto) (reflejando las dificultades de acceso a capital de trabajo para afrontar el costo de la semilla transgénica).

Las marcadas oscilaciones en el área sembrada con algodón en el período bajo análisis, atribuibles a señales de mercado (bajos precios, sustitución por soja GM) y a fenómenos climáticos (inundaciones), no pueden ser simuladas por el modelo SIGMA, empleado para estimar el impacto económico de la adopción de la tecnología Bt. Por lo tanto, se formuló el supuesto de que el área total dedicada al rubro se mantuvo a lo largo del período en 400.000 ha.

El aumento de producción como consecuencia de la adopción de la variedad Bt corresponde, a semejanza del caso del maíz Bt, a la reducción de las pérdidas causadas por ataques de lepidópteros, o sea que no se produce un aumento efectivo del rendimiento de algodón por hectárea, en relación con los niveles promedio registrados en ausencia de ataque de este lepidóptero.

En la Tabla 4.13 se resume la evolución del área sembrada con Bt, así como la de los beneficios y su distribución entre productores, proveedores de tecnología (computados a 54 dólares/ha, estimado como el diferencial de precio entre semilla convencional -16 dólares/ha- y Bt -70 dólares/ha-) y Estado (en éste último caso, se aplicó, sobre el beneficio bruto, la tasa de 5%, correspondiente a los derechos de exportación aplicables al algodón desmotado, a partir de la campaña 2002/03). El Gráfico 4.11 es una representación gráfica de los resultados.

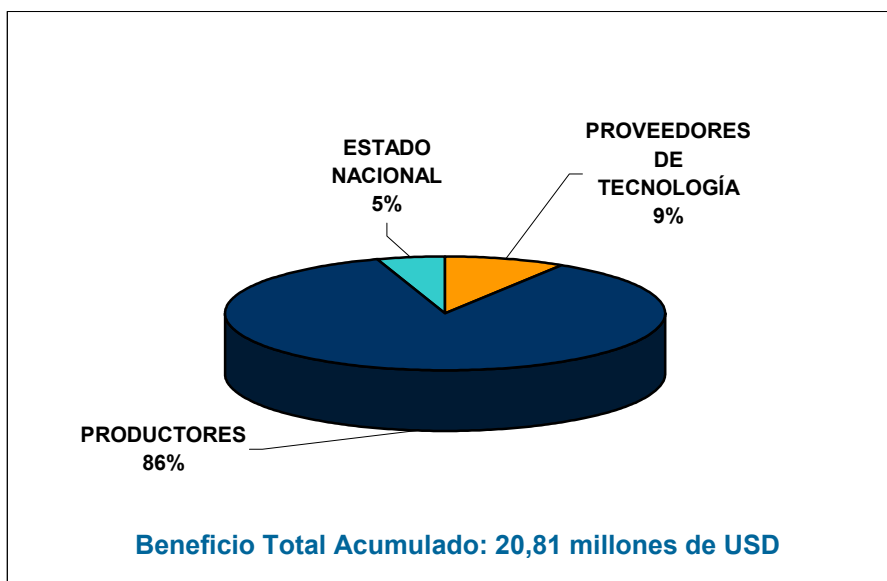
**Tabla 4.13. Evolución y distribución de beneficios del algodón Bt**

AÑO	ÁREA CON Bt (ha)	BENEFICIO BRUTO (M USD)	BENEFICIO NETO (USD)		
			PROVEEDORES (M USD)	PRODUCTORES (M USD)	ESTADO (M USD)
1998	82	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	226	0,05	0,00	0,05	0,00
2000	620	0,14	0,01	0,12	0,00
2001	1.688	0,37	0,03	0,34	0,00
2002	4.521	0,98	0,08	0,85	0,05
2003	11.675	2,46	0,21	2,13	0,12
2004	27.856	5,63	0,50	4,86	0,28
2005	57.720	11,18	1,03	9,59	0,56
<b>TOTAL</b>		<b>20,81</b>	<b>1,86</b>	<b>17,93</b>	<b>1,01</b>
<b>Porcentaje</b>			<b>8,94</b>	<b>86,19</b>	<b>4,87</b>

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de corridas SIGMA, datos de Márgenes Agropecuarios y Cueto Rúa, P. (2006), comunicación personal. Para la estimación de los beneficios a proveedores se computó el 33% del valor de la semilla certificada (70 dólares/ha), para capturar el efecto de la bolsa blanca (estimada en 66 % del área implantada con Bt).

<sup>24</sup> Elena, M.G. Ventajas Económicas del Algodón Transgénico en Argentina. INTA. Estación Experimental Sáenz Peña. Chaco. Documento de trabajo. 2001.

**Gráfico 4.11: Distribución de los beneficios acumulados de la adopción del algodón Bt (1998-2005).**



Fuente: Tabla 4.13

#### 4.4.2 Algodón tolerante a glifosato

El cultivar Guasuncho 2000 fue liberado comercialmente en 2002. Según estimaciones de ArgenBio, en 2005, el total de área sembrada con este material fue de 165 mil hectáreas, aproximadamente un 40% del total. Sin embargo, la estimación de los beneficios de la adopción de esta tecnología se presenta particularmente complicada, a saber:

1. Los costos de control de malezas son mayores en Guasuncho 2000 que en las variedades convencionales (no-GM).
2. No existen registros de incrementos en rendimiento y/o calidad atribuibles a la expresión del gen introducido.
3. La venta de semilla GM certificada alcanza para sembrar el 20% del área implantada con ese material (P. Cueto Rúa, comunicación personal). Es decir, el resto es comercializado bajo la modalidad "bolsa blanca".
4. Los productores que adquieren la semilla certificada (a un costo de 52 dólares la hectárea), lo hacen por las bondades de la base genética (Guasuncho 2000) y no, necesariamente, por los beneficios potenciales del gen introducido. Este razonamiento es extensible, por lo tanto, al resto del área sembrada con el cultivar GM.

Tomando en consideración los elementos de juicio presentados en el párrafo precedente, se consideró desaconsejable encarar la estimación de un flujo de beneficios asociados con la liberación del cultivar GM, especialmente porque se encuentra en etapa de evaluación técnica la fuente de los mismos, siendo prácticamente imposible separar, a esta altura del proceso, el impacto diferencial del mejoramiento tradicional del de la expresión del gen en el material transformado.

#### 4.5 Impactos indirectos de la liberación de los cultivos GM

Adicionalmente a los impactos referidos en la sección anterior, la introducción de los cultivos GM ha tenido un conjunto de otros efectos, tanto en el propio sector agropecuario como en la economía argentina. Por su parte, la importancia del país en la producción de oleaginosas a nivel mundial hace que las transformaciones ocurridas aquí



se hayan también reflejado en la economía de este cultivo a nivel mundial y, a través de esto, hayan tenido impactos en el bienestar de los consumidores en otros países. En las siguientes secciones se presentan los resultados de algunas estimaciones de la magnitud de estos impactos, sin embargo, estos contemplan solamente los relacionados a la soja GM, ya que, dadas las magnitudes de las variables involucradas, los efectos de los otros casos analizados se presentan demasiado diluidos y, tomando en consideración las complejidades metodológicas que ello implica, su análisis no se justifica.

#### 4.5.1 El incremento de la productividad ganadera

La adopción de los materiales de soja GM tolerantes a glifosato desató, como no podría ser de otra manera, profundos cambios en toda la estructura del sector productor argentino, con repercusiones que, inclusive, lo trascienden. Pero, manteniéndonos dentro del sector, uno de los primeros aspectos que surge es el de la significativa mejora en los indicadores de productividad del subsector que fue más afectado por la pérdida de superficie: la ganadería, tanto de carne como de leche. El hecho es que, a pesar de la reducción de más de 5 millones las hectáreas dedicadas a la actividad, ello no se ha reflejado en una caída de la producción, sino que, por el contrario, se ha registrado un incremento en los volúmenes ofertados, tanto de carne como de leche bovinas, comparando los valores de punta a punta (1996 y 2006).

Este hecho ha pasado prácticamente inadvertido, debido a que los indicadores de ambos subsectores (carne y leche) se refieren a datos de flujo relacionados con el stock (tasa de extracción en la ganadería de carne =  $n^{\circ}$  de cabezas faenadas en el año/ $n^{\circ}$  total de cabezas) y a datos de flujo puro en el caso de la leche (millones de litros por año). Fuera de los trabajos que contienen una descripción de sistemas específicos de producción (en general, muy acotados y difícilmente extrapolables), los datos agregados no hacen referencia a la superficie sobre la que operan los sistemas ganaderos, lo que es aún más frecuente en el caso de la ganadería de cría. Inclusive la tasa de extracción es cuestionada como indicador confiable, tanto por dudas respecto de los datos empleados para calcular el stock como los que se usan para estimar la faena<sup>25</sup>.

Ante la carencia de datos estadísticos, es legítimo especular que una fracción de las hectáreas perdidas para la actividad ganadera provienen de superficie previamente implantada con verdeos o praderas. Comparando los datos del Censo Nacional Agropecuario 1988 con los del 2002<sup>26</sup>, se puede comprobar que la superficie total destinada a pasturas cayó, en ese período, de 14,9 a 11,9 millones de hectáreas, o sea, un total de 3 millones menos. Los datos para NOA y NEA, en cambio, registran un incremento del área implantada con pasturas, pasando de 829 a 904 mil ha. En esas mismas dos regiones, los pastizales naturales, en cambio, se redujeron en casi 2 millones de ha (en la Provincia de Buenos Aires, en cambio, la reducción fue de apenas 455 mil ha, sobre un total de 10,8 millones). De ello se puede deducir que, en el período 1996-2005, en la región pampeana, la superficie ganadera sustituida por soja ha sido conformada principalmente por pasturas anuales y perennes y, en el NOA y el NEA, por pastizales naturales y montes.

¿Cómo explicar este fenómeno del incremento “invisible” de la productividad ganadera empleando herramientas de análisis de la teoría económica? A diferencia del proceso de adopción de variedades GM de soja, inducida por variables no ligadas a precios de factores ni de producto, sino por el corrimiento de la frontera de posibilidades

---

<sup>25</sup> Rearte, D. (2003). *El Futuro de la Ganadería Argentina*. Publicación del Curso: “Producción Bovina de Carne”. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

<sup>26</sup> Dowbley, V. (2006). Elaboración personal en base a datos del INDEC (procesados, en el caso del CNA 1988 y a partir de microdatos, para el CNA 2002). Unidad Conjunta INTA-INDEC-FUNDACIÓN. Buenos Aires, Argentina.

productivas como resultado de un nuevo planteo tecnológico, la variación de la productividad de la ganadería argentina en el período 1996-2006 puede constituirse en un ejemplo de libro de texto de microeconomía.

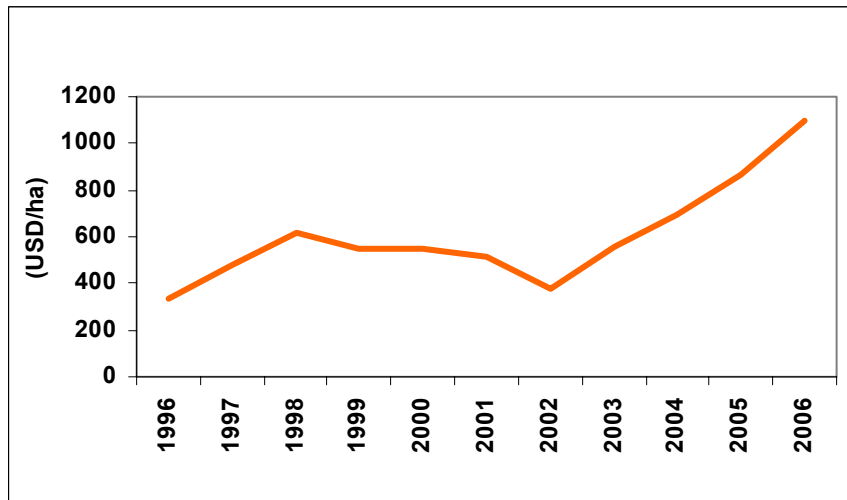
El Gráfico 4.12 representa la evolución del precio de la tierra en zonas de cría. El Gráfico 4.13 es un intento de explicar gráficamente el fenómeno mencionado en el párrafo anterior. Imaginemos que la curva isocuanta (iso=igual, cuanta=cantidad) más alejada al origen de los ejes de abscisa y ordenada representa todas las combinaciones de tierra e insumos que producen una cantidad X de carne de ternero por hectárea y por año. Supongamos que, a precios de los campos de cría de 1996 (312 dólares/ha), la combinación óptima de tierra e insumos está en el punto en el que la línea que representa la relación del precio de este factor y el de los insumos se hace tangente a la isocuanta en el punto **A**. Asignando una tasa de retorno al capital fundiario de 6% anual (en línea con los valores históricos), el arrendamiento de ese campo sería de 20 dólares/ha/año. Por lo tanto, la producción de carne de ternero resultante de la combinación de insumos y tierra representada por esa isocuanta debería ser suficiente como para afrontar el arrendamiento más todos los otros costos directos y de estructura.

Según datos del Estudio del Perfil Tecnológico del Sector Agropecuario Argentino<sup>27</sup>, los productores de la Cuenca del Salado que operan en el nivel tecnológico más bajo producían, en 2001, 88 kg/ha/año (nivel que, probablemente, alcanzaba para que los números “cerraran”). Ahora bien, el precio de los campos de cría alcanzó, en 2006, los 1.100 dólares/ha. Según Márgenes Agropecuarios (Nº 256 - Octubre 2006), el costo de arrendar una hectárea de campo de cría, en octubre de 2006, es de 70 kg/ternero/año (unos 58 dólares, a 0,83 dólares el kilo de ternero, o sea, 5,2 % del precio de venta de una hectárea). Es obvio que, de mantenerse en la isocuanta original (que puede asimilarse a una función de producción), el sistema generaría recursos apenas para pagar el arrendamiento y algún otro gasto menor y nada más. Le quedan entonces dos opciones al productor: o se dedica a otra cosa (como, por ejemplo, a producir soja) o mejora significativamente la productividad, por lo menos hasta el nivel en el que el producto alcance para remunerar a todos los factores, a su costo de oportunidad. Si el empresario se decide por la segunda estrategia, ello puede graficarse como el desplazamiento de la función de producción a una nueva isocuanta, la más cercana al origen (o sea, de mayor eficiencia productiva), la que, además, implica una menor intensidad de uso del factor tierra (a nivel agregado; 5,2 millones de ha menos) y una mayor intensidad del uso de insumos (forraje, suplementos, etc.). Gráficamente, la nueva combinación optimizadora de factores está representada por el punto **B**. Ello explica que la producción agregada no haya caído (en realidad en los últimos dos años se incrementó, pero el análisis de los factores causales de este fenómeno escapan al objetivo del estudio).

---

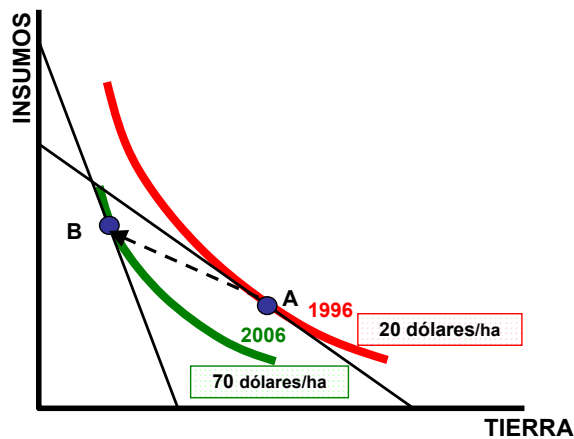
<sup>27</sup> [www1.inta.gov.ar/ies/perfil tecnologico](http://www1.inta.gov.ar/ies/perfil_tecnologico)

**Gráfico 4.12: Valor de la tierra en la región pampeana – zona de cría (USD/t).**



Fuente: Márgenes Agropecuarios (Nº 256 - Octubre 2006)

**Gráfico 4.13: Ganadería: Adopción de tecnología inducida por un cambio en los precios relativos.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Estudio del Perfil Tecnológico del Sector Agropecuario Argentino y de Márgenes Agropecuarios (Octubre 1996-Octubre 2006).

#### 4.5.2 Una reflexión acerca del impacto sobre el crecimiento del PBI y la generación de empleos

La metodología empleada para computar el Producto Bruto Agropecuario (PBA) muy probablemente subestima los impactos del sector en la economía nacional<sup>28</sup>. El PBA se calcula multiplicando cantidades producidas por los precios respectivos, valor al que se le adicionan servicios aportados al sector primario (no todos, por ejemplo, los asociados con la vacunación del ganado aparecen registrados en el Capítulo “Sanidad”). Pero más importante aún, los impactos de modificaciones en el volumen de oferta del sector se computan con un criterio restrictivo, registrando el aumento de cantidades producidas y, eventualmente, de los servicios empleados para producirlos, pero desvinculado del efecto que tienen sobre el resto de la economía. Cuando esas modificaciones no son de una naturaleza incremental, como ocurrió, por ejemplo, en el caso de la cuatriplicación en la oferta de soja en el período 1996-2005, el criterio de compartimiento estanco empleado, no registró, por ejemplo, al sector primario como la

<sup>28</sup> Llach, J. J., Harriague, M. M. y O'Connor, E., 2004. *La generación de empleo en las cadenas agroindustriales*. Fundación Producir Conservando.

fueron la principal fuente de la expansión en las inversiones en capacidad de almacenaje y en los servicios de transporte de carga asociados con la misma.

La existencia de una correlación no implica, *per se*, evidencia de causalidad. Teniendo presente esta reserva, sin embargo, creemos que es de interés hacer un ejercicio numérico correlacionando, el aporte al PBI inducido por la liberación de las variedades de soja tolerantes a glifosato, con el empleo generado en esa década. La proporción entre servicios y bienes del PBI 2005 (Fuente: INDEC) es de 1,22, es decir, por cada peso corriente registrado en el capítulo bienes, se computan 1,22 pesos corrientes en el capítulo servicios. Para llevar a cabo el ejercicio al que se hizo referencia en el párrafo anterior, supondremos que esa proporción es aplicable también al caso de nos ocupa, el de la soja GM, pero en una magnitud menor, y le asignaremos un valor de 1, lo que significa que por cada peso generado en el sector bienes se genera otro peso en el sector servicios, lo que representa un efecto “multiplicador” de 2, es decir que el valor expresado en dólares de ese beneficio, estimado en una sección anterior de este documento, multiplicado por 2, representa la contribución de la tecnología GM al crecimiento del PBI (en adelante,  $\Delta$  PBI). Tal como puede apreciarse en la Tabla 4.14, el “ $\Delta$  PBI GM” acumulado en la década 1996-2005, equivaldría entonces a 39,47 miles de millones de dólares. Dada la dificultad que se presenta para interpretar el significado de esta cifra en el contexto de los números del producto correspondientes a la serie de tiempo respectiva (debido a la salida de la convertibilidad, en enero de 2002), hemos computado en su lugar la sumatoria de los valores expresados en pesos corrientes, lo que nos da un  $\Delta$  PBI GM de 93,86 miles de millones.

**Tabla 4.14. Correlación entre crecimiento del PBI, beneficios de la soja GM y generación de empleo.**

AÑO	PBI A VALORES CORRIENTES EN PESOS	VARIACIÓN RESPECTO AÑO ANTERIOR	ÍNDICE 1996=100	$\Delta$ PBI GM (M USD)	$\Delta$ PBI GM (M \$ CORRIENTES)
1996	272.149.757.811		100	400,42	400,42
1997	292.858.877.330	7,60%	107,6	1.036,00	1.036,00
1998	298.948.358.554	2,10%	109,8	1.302,75	1.302,75
1999	283.523.023.981	-5,20%	104,2	1.882,72	1.882,72
2000	284.203.739.315	0,20%	104,4	2.530,14	2.530,14
2001	268.696.708.834	-5,50%	98,7	3.698,63	3.698,63
2002	312.580.143.860	16,30%	114,9	5.726,12	14.315,31
2003	375.909.361.397	20,30%	138,1	6.210,13	18.630,38
2004	447.643.425.642	19,10%	164,5	7.856,42	23.569,26
2005	531.938.722.296	18,80%	195,5	8.830,78	26.492,33
$\Delta$ PBI	<b>259.788.964.485</b>			<b>39.474,11</b>	<b>93.857,95</b>
\$ corr./empleo	<b>94.024,24</b>			<b>Empleos GM</b>	<b>998.231</b>
				<b>% total</b>	<b>36,13%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INDEC y resultados de simulaciones SIGMA.

La Dirección Nacional de Cuentas Nacionales, en base a datos de Encuestas Permanentes de Hogares, estimó que, entre 1996 y 2005, se generaron 2,76 millones de empleos, o sea que la relación crecimiento del PBI/empleos fue, en esa década, de 94 mil pesos corrientes (es decir, cada empleo “costó” 94 mil pesos de producto interno). Siguiendo en esa línea de argumentación y tomando en cuenta (si se acepta el supuesto

formulado arriba), que la contribución al PBI de la adopción de la soja GM fue de casi 260 mil millones de pesos, la aplicación de la relación  $\Delta \text{PBI}/\text{empleos} = 94$  pesos/empleo, implicaría que esta tecnología fue responsable por casi 1 millón de los puestos de trabajo generados en la década bajo análisis, a nivel de toda la economía (no restringido al sector primario), lo que representa aproximadamente el 36 % del total.

Se puede examinar la consistencia de este último resultado recurriendo a otro indicador de actividad económica, fuertemente correlacionado con la generación de empleo, por la naturaleza mano de obra-intensiva de la actividad: el total de metros cuadrados autorizados en los permisos de construcción. En el período 1996-2005, el acumulado es de 129.004.232 metros cuadrados<sup>29</sup> (para 2005, por no disponerse del dato, se repitió el valor de 2004). Tomando en consideración el precio promedio anual en dólares del costo para todo el período, estimado a partir de datos del INDEC<sup>30</sup> (más alto: 1129 dólares en 1996, más bajo: 526 dólares en 2003) el beneficio bruto estimado acumulado, atribuible a la liberación de la soja GM (19.737,06 millones de dólares, ver Tabla 4.11) hubiera alcanzado para financiar la construcción de 28.031.089,75 metros cuadrados, o sea, un 21,73 % del total registrado.

Aceptando que los párrafos precedentes no superan la categoría de reflexiones basadas en supuestos audaces, entendemos, de todas maneras, que los valores involucrados son de una magnitud tal que sugieren la necesidad de encarar una revisión de la metodología de cálculo del PBI (especialmente en lo referente a la definición de los sectores que lo componen), la que, en su formato presente, puede haber inducido, en el pasado, a errores de política macroeconómica, comercial y/o sectorial.

#### 4.5.3 Impacto sobre los consumidores a nivel mundial

La producción mundial de soja en 1996 fue de 130,21 millones de toneladas. El incremento anual acumulado, por encima de esa cifra, para el período 1996-2005, fue de 422,9 millones de toneladas. Considerando que el aumento acumulado de producción de soja en Argentina, atribuible a la disponibilidad de la tecnología GM, fue de 93,7 millones de toneladas (ver Tabla 4.15), la adopción de esa tecnología en nuestro país explicaría el 22,15% del total de la expansión mundial. ¿Cuál ha sido el impacto que este volumen adicional de oferta de grano de soja ha tenido sobre el precio internacional del mismo? A continuación se hará un breve resumen del procedimiento empleado para su estimación.

Como ya se mencionó en una sección anterior, la elasticidad-precio de la oferta es un parámetro que mide la relación  $\Delta Q/\Delta p$ , expresión que, traducida a palabras, es la fracción en la que se espera que cambie el volumen que ofertarán los productores, ante una modificación del precio del grano, registrado con anterioridad a la decisión de siembra. Por ejemplo, un valor de elasticidad-precio de oferta de 0,7 significa que, por cada 1% de cambio en el precio, la oferta responde en la misma dirección, en un 0,7% (aumenta si el precio es superior y baja si disminuye).

La inversa de la elasticidad, esto es la expresión:  $\Delta p/\Delta Q$ , se denomina flexibilidad, y mide la respuesta del precio a cambios en el volumen ofertado. Los econométricos advierten, sin embargo, sobre la inconveniencia de tomar el valor estimado de una elasticidad, invertirlo y trabajar sobre el número resultante como si fuera una estimación correcta de la flexibilidad<sup>31</sup>. Tomando nota de esta salvedad, se decidió emplear, para el presente ejercicio, la elasticidad-precio de oferta de soja para los Estados Unidos, el mayor productor mundial, estimada en 0,80 (se han citado otros

<sup>29</sup> Fuente: INDEC

<sup>30</sup> Doblely, V. (2006). Comunicación personal. Unidad Conjunta INTA-INDEC-FUNDACIÓN. Buenos Aires, Argentina.

<sup>31</sup> Huang, K. (2006). *A Look at Food Price Elasticities and Flexibilities*. Poster Paper. 26<sup>th</sup> Conference of the International Association of Agricultural Economists. 12-18 de agosto de 2006. Gold Coast, Queensland, Australia. El problema radica en el hecho de que los ejes sobre los que se minimizan los residuos de los cuadrados son distintos; cantidades en el caso de la elasticidad y precios en el de la flexibilidad. O sea que estos dos parámetros son recíprocos entre sí en el sentido económico, pero no en el estadístico.

valores para este parámetro, en el rango de 0,22 a 0,92)<sup>32</sup>, pero formulando, al mismo tiempo, el supuesto que éste (0,80) es el valor real del parámetro y no una estimación. De esa manera, su inversa, 1,25, podrá ser considerada como la flexibilidad-precio verdadera. Si nuestro supuesto es correcto, estamos en condiciones de estimar cuantitativamente el efecto que sobre el precio internacional del grano de soja habría tenido, en la década bajo análisis, el adicional de producción originado en Argentina, atribuible a la liberación de los materiales tolerantes a glifosato.

En la Tabla 4.15 se presenta un resumen de los resultados. Resulta particularmente significativo el impacto calculado (en forma de aumento que NO se produjo), en el precio internacional del grano de soja, correspondiente a los años 2004 y 2005: 10,53 y 11,39%, respectivamente. Expresado en términos de ahorro en el gasto de los consumidores (ahorro del que quedan prácticamente excluidos los argentinos por los bajos volúmenes de consumo interno), el total acumulado para el período 1996-2005, alcanza los 25,96 miles de millones de dólares. Queda por verse si este ahorro fue efectivamente trasladado, por los siguientes eslabones de las cadenas de valor en las que participa como insumo, a los consumidores, o si, por el contrario, fue capturado como renta. De cualquier manera, esa cifra debería ser sumada al beneficio neto en Argentina estimado en una sección anterior (19,8 mil millones de dólares), llegando así a un total agregado, para el impacto total de la tecnología GM en soja, a partir de su disponibilidad en nuestro país, de 46,76 mil millones de dólares.

**Tabla 4.15. Soja: Evolución de la producción mundial, la oferta argentina adicional por la soja GM, impacto porcentual sobre el precio internacional y reducción en el gasto de los consumidores a nivel global.**

CAMPAÑA	PRODUCCIÓN TOTAL MUNDIAL (t)	PRODUCCIÓN ADICIONAL GM ARG (t)	PRECIO (USD/t)	IMPACTO SOBRE PRECIO SOJA (%)	Δ GASTO CONSUMIDOR (M USD)
1996/97	130.209.870	774.870	296,50	-0,74	-280,24
1997/98	144.412.830	2.512.725	221,83	-2,17	-970,54
1998/99	160.098.390	3.842.527	175,33	-3,00	-1.088,72
1999/00	157.800.470	4.935.955	187,42	-3,91	-1.028,32
2000/01	161.405.690	7.897.136	171,50	-6,12	-1.895,31
2001/02	177.935.970	10.157.698	198,00	-7,14	-2.014,61
2002/03	181.735.440	13.230.491	238,42	-9,10	-2.927,25
2003/04	190.595.630	13.209.410	268,08	-8,66	-3.649,10
2004/05	206.461.490	17.385.401	230,67	-10,53	-6.454,33
2005/06	214.347.289	19.725.414	225,56	-11,39	-5.656,36
<b>TOTAL</b>	<b>1.725.003.069</b>	<b>93.671.627</b>			<b>-25.964,78</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAO, SAGPyA y resultados de simulaciones SIGMA.

<sup>32</sup>Prize, G. et al (2003). *Size and Distribution of Market Benefits from Adopting Biotech Crops*. United States Department of Agriculture. Electronic Report from the Economic Research Service. Technical Bulletin Number 1906. November.

## CAPÍTULO 5

### ALGUNOS COMENTARIOS Y REFLEXIONES FINALES

El análisis desarrollado en los capítulos precedentes confirma plenamente lo que es una “sensación” generalizada: la introducción de los cultivos GM en la agricultura argentina marcan un punto de inflexión en la economía del sector y, dada la importancia de éste en la economía, en el desarrollo del país. Las magnitudes involucradas no dejan duda de esta aseveración y resaltan la importancia de las políticas públicas y las decisiones de los sectores productivos que hicieron posible este proceso. La síntesis de la década no puede calificarse sino como de altamente positiva, no sólo para los sectores productivos, sino para la sociedad en general; los impactos sobre el crecimiento del PBI y el empleo, así como las reflexiones que se podrían inferir acerca de cómo estos se han reflejado en los ingresos fiscales y, a través de éstos, en aspectos tales como el ritmo de la recuperación económica a partir de la crisis de fines del 2001, creemos que permiten hacer esta aseveración con bastante tranquilidad.

Lo anterior no significa que el proceso haya sido un proceso libre de costos e interrogantes que quedan abiertos y que deberían ser debatidos de aquí en más. Sería, por otra parte, sorprendente que, en un proceso de transformaciones de la magnitud del que hemos descrito, éste no fuera el caso. La tremenda expansión de la soja ha significado, como hemos visto, un fuerte reposicionamiento del sector en la economía y en el comercio exterior del país, generando las consecuentes preocupaciones sobre los posibles impactos negativos del proceso de “sojización”, tanto por lo que significa la excesiva dependencia de un sólo commodity en el comercio exterior, como por la propia sostenibilidad del proceso, por lo que éste significa sobre la fertilidad futura de los suelos del país, y los potenciales impactos negativos de la expansión del cultivo hacia los ecosistemas más frágiles. Estas preocupaciones y otras que no han sido discutidas en el documento, como por ejemplo, las referidas a lo que puede ser la evolución futura del contexto internacional para este tipo de tecnologías, son absolutamente legítimas, pero no por ello desmerecen el balance claramente positivo de la primera década de cultivos GM en la Argentina. Lo que sí hacen es resaltar la necesidad de un debate que debe darse, sobre cómo optimizar el potencial de las nuevas innovaciones en este campo, el cual parece crecer día a día, aunque una mirada realista de lo que se puede esperar nos hace anticipar que difícilmente haya en el futuro cercano otro caso como el de la soja tolerante a herbicida, al tiempo de acotar los posibles impactos negativos que las mismas pueden llegar a generar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barsky, Osvaldo; Pucciarelli, Alfredo (ed.); "El agro pampeano. El fin de un período"; UBA, FLACSO, 1997.
- Barsky, Osvaldo (ed.); Bearzotti, Silcora; Becker, Víctor A.; Bocco, Arnaldo M. et.al.; "El desarrollo agropecuario pampeano"; Grupo Editor Latinoamericano, Colección Estudios Políticos Sociales; 1991.
- Cap, E.; González, P. "La Adopción de Tecnología y la Optimización de su Gestión como Fuente de Crecimiento de la Economía Argentina"; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Economía y Sociología. Marzo 2004.
- Casas, Roberto; "Preservar la calidad y salud de los suelos. Una oportunidad para la Argentina". Disertación ante la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria; Buenos Aires, Argentina. 2006.
- Chudnovsky, Daniel; López, Andrés; "La transnacionalización de la economía argentina"; Eudeba, 2001.
- Ciencia Hoy Revista, "La transformación de la agricultura argentina", Junio/Julio 2005.
- Clive, James, "Brief 34 Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2005"; International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). Nro. 34–2005
- Costamagna, Oscar; "Mercado de Semillas. Impacto del Proyecto del Fondo Fiduciario (Regalías Globales)"; Foro de Perspectiva Agroindustrial 2004, Seminario Outlook de la Agroindustria Argentina: El campo como eje de la sociedad argentina; abril 2004.
- Diamante, Alicia; "Encuesta Nacional sobre Fitomejoramiento. Informe de Argentina"; Buenos Aires, Argentina, Octubre 2006.
- Dros, Jan Maarten; "Manejo del boom de la soya: Dos escenarios sobre la expansión de la producción de la soya en América del Sur"; AIDEnvironment; Junio 2004.
- Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires; "Patrones espaciales y temporales de la expansión de Soja en Argentina. Relación con factores socio-económicos y ambientales"; Informe final LART/FAUBA Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección; Noviembre 2004.
- Fernández Cornejo, Jorge; Caswell, Margriet; "The First Decade of Genetically Engineered Crops in the United States"; USDA. Economic Information Bulletin Number 11, April 2006
- Giancola, Silvana L, Lema, Daniel; Penna, Julio; Corradini, Eugenio (h); "Relevamiento de Gastos en Investigación y Obtención de Cultivares de Trigo y Soja en el INTA.", Documento de Trabajo N° 20. Mayo 2002.
- Gutiérrez, Marta; Penna, Julio A; "Derechos de Obtentor y estrategias de marketing en la generación de variedades públicas y privadas"; Documento de Trabajo N° 31; Octubre 2004.
- IICA; "Informe de Coyuntura. Sector Agroalimentario Argentino"; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Varios Números; 2000-2005.
- Ingaramo, Jorge (2005) "La renta de la tierra pampeana", Mimeo, Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina. Enero 2005.
- La Nación Campo; "Al Rescate del Medio Ambiente"; 24 de Octubre de 1998.
- Lazzarini, Andrés; "Avances en el Análisis de CNA 2002 y su comparación con el CNA 1988"; Documento de difusión inscripto en el marco de desarrollo de actividades del Proyecto de Beca Profesional de Iniciación "Sistematización y análisis del Censo Nacional Agropecuario 2002"; Co-directores: Lic. Víctor Brescia, Ing. Agr. Inés Rivera. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de Economía y Sociología. Buenos Aires, Marzo 2004.
- Lema, Daniel "Algunas observaciones sobre el N° de EAP's y población rural de los años 90". Instituto de Economía y Sociología (IES) – INTA, 2006



- Llach, Juan J, Harriague M. Marcela y O'Connor Ernesto; "La generación de empleo en las Cadenas Agroindustriales"; Fundación Producir Conservando, Buenos Aires, Mayo 2004.
- López, Gustavo; "Caracterización y Análisis de la expansión de la soja en Argentina. Transformaciones observadas en la agricultura argentina en los últimos 15 años"; FAO, Documento presentado en el taller; 2006.
- Manciana, Eduardo V.; Maceira, Juan; De Haro, Augusto; Piñeiro Martin; Trigo, Eduardo J; Martínez Nogueira, Roberto. "El Campo a Fines del Siglo XX. Intentos, fracasos y las políticas que vienen". FORGES. Fortalecimiento de la Organización y Gestión Económica y Social.
- Ministerio de Economía y Producción, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación, Oficina de Biotecnología; "Plan Estratégico 2005 - 2015 para el desarrollo de la biotecnología agropecuaria"; 1ª Ed. Buenos Aires., 2004.
- Obschatko, Edith S de; "La transformación económica y tecnológica de la agricultura pampeana"; Ediciones Culturales Argentinas, Ministerio de Educación y Justicia de la Nación, Secretaría de Cultura, 1988.
- Penna, J. y Lema, D. *Adoption of Herbicide Tolerant Soybeans in Argentina: An Economic Analysis* in "The Economic and Environmental Impacts of Agbiotech. A Global Perspective". Nicholas Kalaitzandonakes (ed.). 2003. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Qaim, M y Traxler. G. "Roundup Ready Soybeans in Argentina: Farm Level, Environmental and Welfare Effects". Trabajo presentado en la 6º Conferencia ICABR sobre: "Agricultural Biotechnologies: New Avenues for Production, Consumption and Technology Transfer". Ravello, Italia. Julio 2002.
- Qaim, M.; Cap, E.; de Janvry, A. "Agronomics and Sustainability of Transgenic Cotton in Argentina"; *AgBioForum*, 6 (1&2): 41-47. 2003.
- Rapela, Miguel Ángel; Schötz, Gustavo J. et al., "Innovación y propiedad intelectual en mejoramiento vegetal y biotecnología agrícola", Editorial Heliasta S.R.L., 2006.
- Regúnaga, Marcelo; Fernández, Sandra; Opacak, Germán; "El impacto de los cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina"; Programa de Agronegocios y Alimentos, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires; Septiembre 2003.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGPyA) y Consejo Federal Agropecuario; "El deterioro de las tierras en la Republica Argentina", Buenos Aires, 1995.
- Trigo, E.J.; Chudnovsky, D.; Cap, E.; Lopez, A."Los Transgénicos en la Agricultura Argentina: Una historia con final abierto" Libros del Zorzal, Buenos Aires, Argentina; 2002.
- Trigo, E. y Cap, E.; "The Impact of the Introduction of Transgenic Crops in Argentinean Agriculture" en *AgBioForum*, 6(3): 87-94; 2004.

## ANEXO 1

### SIGMA V 2.2: UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA ESTIMAR EL IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

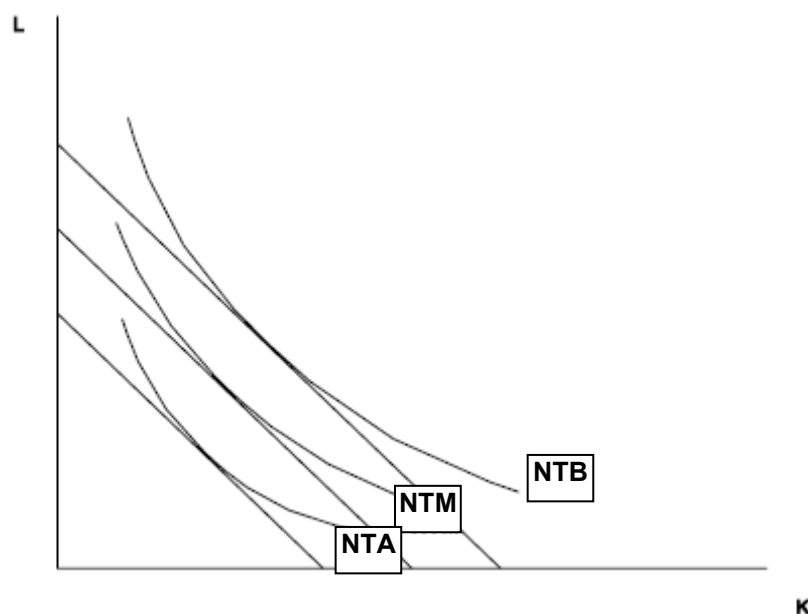
#### 1. Introducción y descripción general

La herramienta analítica empleada es un modelo dinámico de simulación (SIGMA), desarrollado por el INTA para simular simultáneamente múltiples senderos de adopción de tecnología, por parte los productores y estimar su impacto. Puede ser empleado para simulaciones *ex-ante* y *ex-post* y estima los efectos sobre la producción, de escenarios alternativos de generación y adopción de tecnología. Esto es, SIGMA calcula cuánto más sería producido, en comparación con una línea de base definida, por la adopción, a nivel de productor, de tecnologías ya disponibles en el mercado o a ser generadas en el futuro por el sistema de I+D.

Los datos empleados en las corridas de simulación de este trabajo fueron generados en el Estudio del Perfil Tecnológico del Sector Agropecuario Argentino (INTA, 2002) y están disponibles a nivel de zona agroecológica homogénea.

Los supuestos explícitos detrás del modelo son los siguientes:

- Existen tres niveles tecnológicos (NT) observables entre los productores agropecuarios de áreas agroecológicas relativamente homogéneas: bajo (NTB), medio (NTM) y alto (NTA), asociados, respectivamente, con prácticas, insumos y productividad diferenciales (medida en términos de rendimientos unitarios). (Ver Gráfico 1)
- La adopción de tecnología por parte de los productores responde a una función no lineal (sigmoidea), cuyos parámetros responden a la naturaleza de la innovación y al perfil socio-económico de la población objetivo del esfuerzo de transferencia.



**Gráfico 1:** Representación esquemática de tres niveles tecnológicos, como funciones de producción coexistentes, que generan la misma cantidad de producto  $y$ , con tres diferentes combinaciones de insumos, incrementándose monótonicamente, desde NTB hasta NTA (suponiendo que los productores seleccionen la combinación de L y K que maximiza el beneficio).

El supuesto implícito más relevante de SIGMA es que la coexistencia en el tiempo y el espacio de los tres niveles tecnológicos (NT), no puede ser explicada satisfactoriamente recurriendo a los modelos simples (sin restricciones) de maximización de beneficios, derivados de la teoría económica neoclásica, dado que, de acuerdo con ella, si los productores son maximizadores de beneficios, deberían “migrar” hacia la función de producción más eficiente, esto es, la más cercana al origen (la identificada en el Gráfico 1 como NTA). Esto no ocurre en el mundo real, lo que no significa que se ponga en duda la racionalidad de los productores. Reconoce, en cambio, la existencia de múltiples restricciones que enfrentan dichos productores (difíciles de capturar empleando técnicas econométricas sin contar con información a nivel micro), asociadas con mercados incompletos y/o inexistentes, así como limitaciones a la posibilidad de adoptar y optimizar tecnologías, determinadas por la oferta sub-óptima de bienes públicos puros (tales como infraestructura deficiente, producto de inversiones públicas sub-óptimas), de bienes privados puros (como por ejemplo, cadenas de frío y capacidad de almacenaje), o de bienes semipúblicos, como la capacidad de gestión empresarial.

En los países desarrollados, el análisis del proceso de adopción de tecnología supone, implícitamente, que los productores convergen de una manera relativamente rápida y lineal a la misma función de producción eficiente, a continuación de su lanzamiento comercial, mientras que en los países en vías de desarrollo, coexisten, tanto en el tiempo como en el espacio, un continuum de funciones de producción, comenzando por las empleadas por los adoptantes tempranos, productores de punta identificados con el NTA y, a partir de allí, aparecen muchas otras, en posiciones cada vez más alejadas del origen de coordenadas, hasta el punto en el que los niveles de eficiencia son tan bajos que marcan el “límite” (generalmente difuso) entre producción comercial y de subsistencia.

## **2. Información requerida para correr el modelo (desagregada por región agroecológica homogénea)**

### **2.1 Versión ex-ante (aplicada para soja)**

- Área bajo producción y rendimiento, por NT, en el tiempo  $t_0$  (presente).
- Incremento en productividad, reducción en costos, mejora en calidad (expresada como incremento del precio del producto) y/o expansión del área apta para la actividad en estudio, esperable como efecto de la adopción de la tecnología bajo análisis.
- Techo de adopción por NT: porcentaje máximo del área que está en condiciones de adoptar la tecnología. Es una función de las restricciones que enfrentan los productores (por ej., deseconomías de escala)<sup>33</sup>.

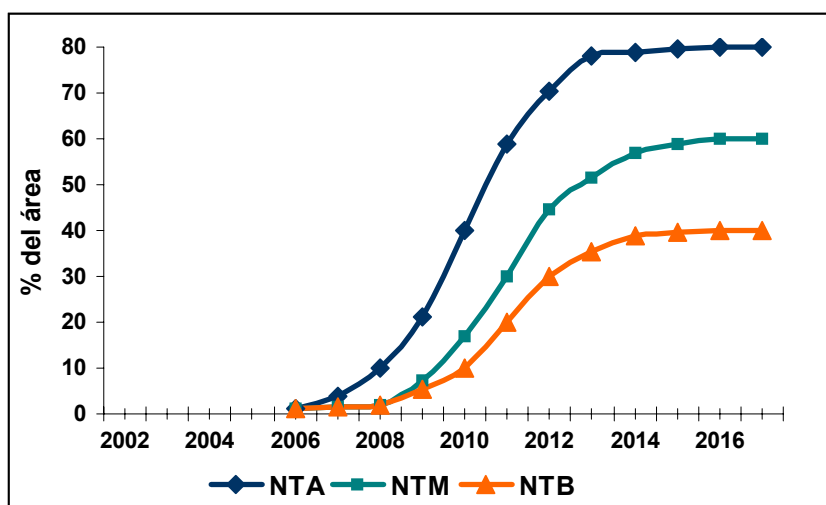
<sup>33</sup> Algunas de las restricciones identificadas en un trabajo reciente son las siguientes: (1) Insuficiente rentabilidad marginal de la aplicación del cambio tecnológico (CT), (2) Dificultad en obtener los insumos apropiados, (3) Dificultad en obtener la mano de obra requerida -en cantidad y/o calificación- por el nuevo esquema técnico, (4) Insuficiencia de excedentes financieros y/o carencia de crédito a tasas compatibles con las tasas de rentabilidad de los modelos con introducción del CT, (5) Falta de adecuada articulación con la agroindustria para adaptar la producción a los requerimientos de la demanda e identificar los CTs requeridos, (6) Desconocimiento por parte de los productores de la existencia y/o características de aplicación de alternativas tecnológicas de mayor rendimiento, (7) Falta de actitud empresarial (capacidad de asumir riesgos, utilización de prácticas de planificación empresarial y control de gestión, empleo de profesionales en actividades de gerencia, etc.), (8) Ausencia de servicios profesionales (públicos o privados), que puedan asesorar para el CT, (9) Dificultades para comercializar mayores volúmenes de producción (falta de mercados zonales, desconexión con los agentes comercializadores en los mercados de concentración, restricciones de transporte), (10) Dificultades o desconocimiento para comercializar productos que no cuentan con canales estándar (11) Restricciones en alguno de los niveles, derivadas de la escala de producción, (12) Restricciones derivadas de las formas de organización social de la producción (arrendamientos, aparcería, contratismo, etc.), (13) Legislación conservacionista deficiente, (14) Falta o insuficiencia de elementos y/o medios para difusión/transferencia de tecnología.

- Fracción del área total dedicada a la actividad que puede beneficiarse con la adopción de la nueva tecnología (por ejemplo, puede ser que no haya cultivos para conteniendo la innovación, para todas las regiones).
- Año de disponibilidad de la tecnología (año  $t_d \geq t_0$ , inicio de la simulación).
- Horizonte temporal de la simulación (cantidad de años).

## 2.2 Versión ex-post (aplicada para maíz y algodón)

- Área bajo producción y rendimiento, por NT, en  $t_0-x$  (inicio de la simulación, en el pasado).
- Incremento en productividad, reducción en costos, mejora en calidad (expresada como incremento del precio del producto) y/o expansión del área apta para la actividad en estudio, resultante de la adopción de la tecnología bajo análisis.
- Techo de adopción por NT: porcentaje máximo del área que está en condiciones de adoptar la tecnología. Es una función de las restricciones que enfrentan los productores (por ej, diseconomías de escala).
- Porcentaje de adopción observado en  $t_0$  (fin de la simulación).

El componente clave del modelo es la reconstrucción del proceso de adopción, por los productores, de innovaciones tecnológicas que generan desplazamientos de la isocuanta hacia el origen, mediante el uso más eficiente de los recursos, lo que, a su vez, induce una reducción en el costo unitario y/o un aumento en la calidad del producto (expresado como un incremento del precio) y/o una expansión del área potencialmente apta para la producción comercial del rubro en cuestión. En el Gráfico 2 se presenta una representación gráfica de un ejemplo de senderos simulados por SIGMA.



**Gráfico 2:** Un ejemplo de senderos de adopción de tecnología, simulados por SIGMA, expresados en porcentajes del total del área dedicada al rubro, de tecnología disponible en 2006, por parte de productores que operan en tres NT, bajo, medio y alto, los que registran, respectivamente, techos potenciales mayores y tiempos medios menores, lo que refleja un alivio creciente de las restricciones a la adopción.

## 3. Apéndice matemático

Para simular la dinámica de los senderos de adopción de tecnología, se usó una combinación de dos formas funcionales: la función logística y la sigmoidea (ésta última como caso especial de la primera).

La función logística tiene la siguiente expresión matemática:

$$P(t) = K \left\{ \frac{1 + m e^{-(t-\emptyset)}}{1 + n e^{-(t-\emptyset)}} \right\} \quad (1)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = K$$

La función sigmoidea, es una variante de (1), fijando  $K=1$ ,  $m=0$ ,  $\emptyset=0$  y  $n=1$ , tal que:

$$P(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}} \quad (2)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 1$$

La forma funcional empleada en el modelo de simulación SIGMA fue obtenida fijando  $m=0$  y  $n=1$  en (1), lo que implica una expansión de la función sigmoidea (permitiendo que el límite  $P(t)$ ,  $t \rightarrow \infty \leq 1$ ). Esta variante también permite que  $\emptyset$  tome valores  $\geq 0$ , haciendo posible seleccionar un punto a lo largo del eje de  $t$ , en el cual  $P(t)'$  cambia de signo, de + a -. De esta manera, podemos seleccionar y modificar el tiempo medio de adopción, esto es, la cantidad de años transcurridos hasta que el 50% del área de cultivo adopta la tecnología bajo análisis. La expresión matemática final es la siguiente:

$$P(t) = K \left\{ \frac{1}{1 + e^{-(t-\emptyset)}} \right\} \quad (3)$$

El modelo usa (3) para simular la dinámica de los senderos de adopción de tecnología, incluida en la siguiente formulación empírica:

$$P(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^3 [\beta_i * \{ (K_i / (1 + e^{-(t-\emptyset_i)})) * A_{it} \}] \quad (4)$$

donde:

P: producción adicional.

t: tiempo (año)

i: nivel tecnológico,  $i \in [1,2,3]$ , donde: 1= Bajo, 2= Medio, 3= Alto.

$\beta_i$ : brecha de productividad, por nivel tecnológico, entre valores actuales y potenciales.

$K_i$ : Techo de adopción potencial de la tecnología  $\in (0, 1]$ .

e: base de los logaritmos naturales.

$\emptyset_i$ : Tiempo medio de adopción (número de años que transcurren para que el 50% del área con NT i adopte la tecnología bajo análisis).

$A_{it}$ : área (en ha) de cada NT i, en el año t ( $A_{it} = f(A_{it-1}$ , tasa de movilidad  $\in [0, 1]$ , tasa de expansión del área  $\in [0, \infty]$ ).