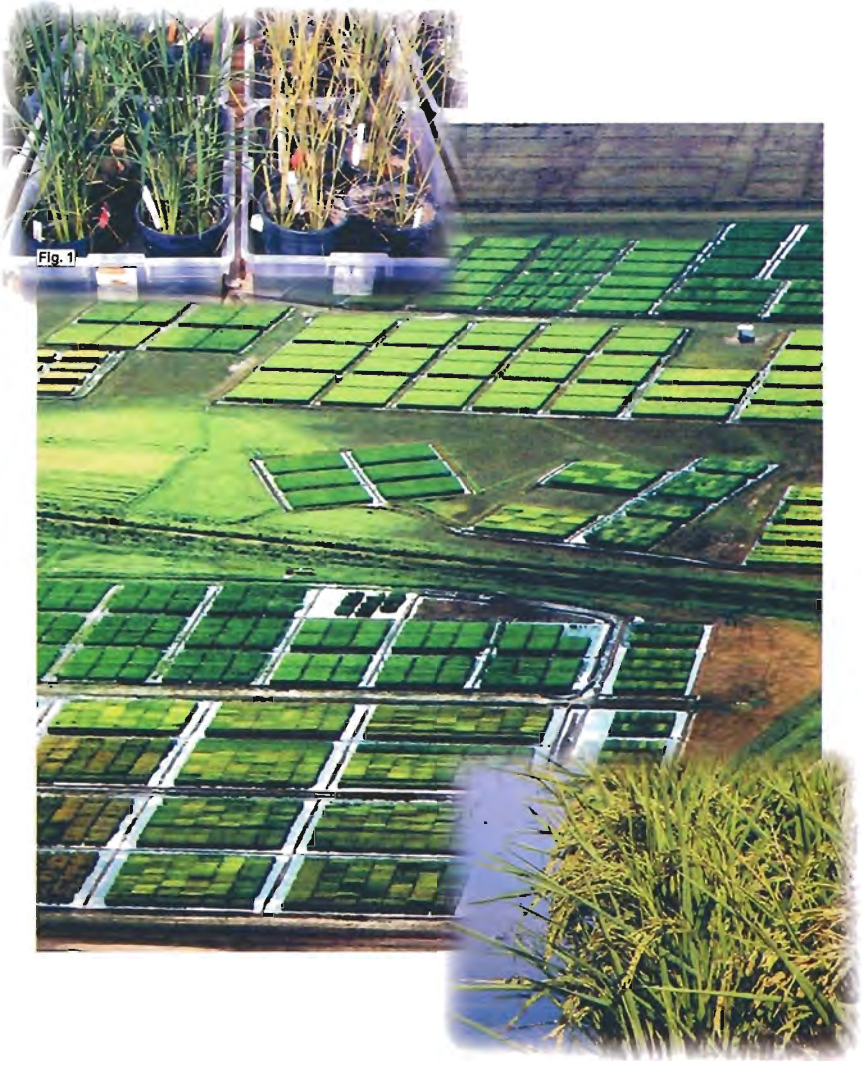
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA

URUGUAY



ARROZ TRANSGÉNICO EN URUGUAY: UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA ESTIMAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES

DICIEMBRE 2005

SERIE TECNICA 153

INIA

ARROZ TRANSGÉNICO EN URUGUAY: UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA ESTIMAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES

Guy G. Hareau[a]
Bradford F. Mills[b]
George W. Norton[c]

[a] Ing. Agr., M.Sc. Economía Agrícola, INIA
[b] Profesor Asociado, Departamento de Economía Agrícola y Aplicada, Virginia Polytechnic Institute and State University (Estados Unidos)
[c] Profesor, Departamento de Economía Agrícola y Aplicada, Virginia Polytechnic Institute and State University (Estados Unidos)

Título: ARROZ TRANSGÉNICO EN URUGUAY: UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA ESTIMAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES

Autores:
Guy G. Hareau
Bradford F. Mills
George W. Norton

Serie Técnica Nº 153

© 2005, INIA

ISBN: 9974 - 38 - 220 - 3

Editado por la Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA.
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
Página Web: http://www.inia.org.uy

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., PhD. Pablo Chilibroste - Presidente

Ing. Agr., Dr. Mario García - Vicepresidente

Ing. Agr. Eduardo Urioste

Ing. Aparicio Hirschy

Ing. Agr. Juan Daniel Vago

Ing. Agr. Mario Costa

AGRADECIMIENTOS:

Los autores agradecen la colaboración del Ing. Agr. Gonzalo Zorrilla quien brindó información relevante para el trabajo y del Dr. Darrell Bosch por comentarios en versiones preliminares del documento. El trabajo es exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente refleja la opinión de las instituciones a las cuales estos pertenecen.

Fig.1: *Transgenic Cocodrie after application of Liberty herbicide in the greenhouse. Normal Cocodrie plants in the right tray have yellow leaves one week after application of Liberty herbicide. In the left tray, transgenic Cocodrie plants containing a gene resistant to Liberty appear normal and healthy after herbicide treatment. (Photo by James H. Oard). URL: http://www.agctr.lsu.edu/mcms/webtools/image.aspx?Watermark=bgB1AGwAbAA=&ResourcePath=/NR/rdonlyres/C5E6A973-62B7-4A16-B9B3-3BF49A60FA6D/14832/Oardriceresearch.jpg*

ARROZ TRANSGÉNICO EN URUGUAY: UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA ESTIMAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES

RESUMEN

En pequeños países en desarrollo como Uruguay, los beneficios económicos potenciales que se obtendrían por la adopción de nuevas tecnologías agrícolas basadas en biotecnología están limitados por una base productiva reducida. En este trabajo se evalúa ex - ante el impacto económico de una variedad de arroz transgénico resistente a herbicidas donde el poder de mercado de la multinacional propietaria de la variedad afecta las tasas de adopción a través del margen monopólico en el precio de la semilla. Se emplean métodos de simulación estocástica para estudiar la variación de los resultados a cambios en los parámetros tecnológicos y en las tasas de adopción. La media del excedente económico de los productores es de US$ 1,82 millones, mientras que la ganancia monopólica es de US$ 0,55 millones. Estos beneficios económicos relativamente escasos sugieren que, sin estrategias de política pública que incrementen los beneficios potenciales y reduzcan los costos de investigación, las multinacionales no invertirían recursos significativos en el desarrollo de una variedad transgénica adaptada a las condiciones locales. Las alianzas con instituciones nacionales y el acceso a mercados regionales ampliados también contribuyen a incrementar los incentivos privados en I&D.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 7

Introducción 11

El Modelo de Excedentes Económicos con Mercados Imperfectos 12

La Producción de Arroz en el Uruguay:
Justificación de los Parámetros del Modelo 14

Incremento Esperado del Rendimiento por Hectárea (E(Y)) 16

Variación Esperada en los Costos Variables de Insumos (E(C)) 16

Tasa de Adopción (A_t) 18

Precio (P_t) 19

Elasticidad Precio de la Oferta (ε) 19

Variables Determinísticas 20

Resultados 20

Conclusiones 24

REFERENCIAS 28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Uruguay: área de arroz, rendimiento promedio y precio, periodo 1992-2003 15

Tabla 2. Estructura Promedio de los Costos de Producción de Arroz (en U$S/há). 16

Tabla 3. Rango de reducciones de costos unitarios y tasas máximas de adopción esperadas para cada rango 19

Tabla 4. Resultados: VPN del cambio de excedentes de los productores, excedentes totales y ganancias monopólicas (en U$S). 21

Tabla 5. VPN del cambio en excedentes del productor y excedentes totales bajo supuesto de competencia perfecta en el mercado de semilla transgénica (en U$S). 22

Tabla 6. Coeficientes de correlación ente las variables de incertidumbre con los excedentes totales y la ganancia monopólica. 23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patrones de adopción de variedades de arroz en Uruguay (1990-2003) 18

ARROZ TRANSGÉNICO EN URUGUAY: UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA ESTIMAR LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES

Introducción

La biotecnología es una moderna herramienta de investigación que ofrece oportunidades para alcanzar mayores rendimientos en los cultivos, reducir los costos de producción y mejorar la calidad y el contenido nutricional. Sin embargo, los costos fijos que se incurren en la creación, desarrollo y comercialización de variedades transgénicas son elevados e incluyen los relacionados con las complejas regulaciones legales existentes a nivel mundial sobre los derechos de propiedad intelectual. Como consecuencia, la propiedad de las innovaciones agrícolas basadas en biotecnologías se ha concentrado mayormente en empresas multinacionales de elevada escala económica. Por la misma razón, la factibilidad económica de crear variedades transgénicas adaptadas localmente es dudosa para sistemas de investigación de pequeños países en desarrollo como Uruguay. El poder monopólico *de facto* que poseen las empresas biotecnológicas es, desde el punto de vista de la teoría económica, un incentivo a la inversión en investigación y desarrollo (I&D) de nuevas tecnologías. Sin embargo, sus consecuencias sobre la distribución de los beneficios han generado preocupación en los países en desarrollo. Por ejemplo, las estrategias de fijación de precios para la semilla de algodón *Bt* en Argentina han reducido los beneficios económicos potenciales de los agricultores en dicho país. Los elevados costos contribuyeron a disminuir las tasas de adopción e incrementaron el cultivo ilegal, perjudicando a su vez las ganancias de la compañía propietaria con respecto al potencial alcanzable (Qaim y de Janvry, 2003). En virtud de estos efectos, el desafío para los países en desarrollo es formular políticas específicas y acuerdos con las empresas biotecnológicas que maximicen los beneficios de los productores locales y que a su vez otorguen suficientes incentivos a la inversión privada en I&D.

Uruguay es un buen ejemplo del dilema al que se enfrentan los pequeños países en desarrollo en su posicionamiento respecto a la generación y distribución de variedades genéticamente modificadas. Siendo su economía 10 veces menor a la de Argentina y 45 veces menor a la de Brasil, el área de adopción de variedades transgénicas es muy inferior a la de ambos países. Con 16,2 millones de hectáreas en el 2004, de las cuales la mayoría ocupadas con soja resistente a herbicidas, Argentina es el segundo país en el mundo en área sembrada con variedades transgénicas. Estados Unidos ocupa el primer lugar con 47,6 millones de hectáreas. Brasil, por otra parte, ha estimado un área sembrada de 5 millones de hectáreas para la zafra 2004-2005 luego de autorizar finalmente la producción de soja transgénica en forma oficial (James, 2004). En Uruguay el área de cultivos transgénicos está liderada por la soja resistente a herbicidas, que ocupa la casi totalidad de las 280.000 hectáreas de soja sembradas durante la zafra 2004-2005.

El arroz es uno de los cultivos de mayor importancia económica en Uruguay, y existe investigación a nivel internacional para producir

El presente trabajo está basado en: Hareau, G. G., B.F. Mills and G. W. Norton, 2006, «The Potential benefits of herbicide-resistant transgenic rice in Uruguay: Lessons for small developing countries». Food Policy 31(2), 162-179

nuevas variedades mediante el uso de biotecnologías. Al igual que en otros países agrícolas del mundo, en Uruguay se debate actualmente la conveniencia del uso de estas tecnologías, particularmente con respecto a la creación o adopción de una variedad de arroz resistente a herbicidas. El debate se centra no solamente en la distribución de beneficios que la adopción de esta variedad transgénica acarrearía, sino también en la conveniencia estratégica de incentivar su uso ya que la actitud precautoria de los consumidores en varios países desarrollados (e.g., Unión Europea y Japón) y en algunos mercados destino de la producción de arroz podría tener efectos adversos en el comercio exportador del sector y en la promovida imagen del país como productor de alimentos naturales (Abó, 2003). En una discusión estratégica de este tipo es imperativo el análisis objetivo y riguroso de los diversos factores que intervienen en el proceso de toma de decisiones. En el presente trabajo se estudia el impacto económico potencial de una variedad de arroz resistente a herbicidas y la distribución de beneficios que generaría. A la luz de los resultados obtenidos, se discuten alternativas que desde el punto de vista económico permitirían mejorar el posicionamiento del país con respecto a la creación y adopción de variedades transgénicas. Este análisis contribuye a brindar elementos para la discusión del tema desde un enfoque económico, así como para la formulación de políticas informadas en la materia.

La sección siguiente presenta la justificación teórica del modelo económico que se utiliza en el trabajo. Posteriormente se presentan datos de costos de producción de arroz y los supuestos utilizados en la simulación de una variedad resistente a herbicidas. Las últimas dos secciones presentan los resultados y las conclusiones, así como algunas implicancias para la elaboración de políticas relativas a la producción y uso de biotecnologías en Uruguay. Estas implicancias son trasladables a otros países en desarrollo de dimensión económica reducida.

El Modelo de Excedentes Económicos con Mercados Imperfectos

Las metodologías para analizar el impacto económico de tecnologías agrícolas son bien conocidas y están descritas en Alston y otros (1995). Sin embargo, los derechos de propiedad intelectual sobre la variedad transgénica le otorgan a las empresas que la desarrollan poder monopólico limitado, alterando algunos supuestos básicos utilizados en estas metodologías. La innovación se incorpora a nivel de la semilla del cultivo y por lo tanto invalida el supuesto de competencia perfecta en el mercado de insumos del modelo tradicional. La empresa que desarrolla la innovación fijará el precio de acuerdo a las reglas de maximización de beneficios que el poder de mercado le otorga. Esta ganancia monopólica debe ser contabilizada cuando se evalúa el impacto económico que genera la adopción de una tecnología protegida por derechos de propiedad intelectual. En este caso, el cambio en el bienestar total es la suma del excedente económico en el mercado del producto y la ganancia monopólica en el mercado del insumo (Moschini y Lapan, 1997; Falck-Zepeda y otros, 2000). Visto que el arroz es un cultivo básicamente de exportación, las fórmulas que se presentan a continuación están basadas en el modelo desarrollado en Alston y otros (1995) para una economía pequeña y abierta. El excedente económico se calcula únicamente sobre la base del excedente del productor ΔPS en el año *'t'*:

$$\boxed{\Delta PS_t = P_t Q_t K_t (1 + 0.5 K_t \varepsilon)} \qquad (1)$$

donde P_t es el precio en el año *'t'*, $Q_t = Q_0 (1+g)^t$ es el volumen producido en el año *'t'*, Q_0 es el volumen pre-investigación, g es la tasa de crecimiento exógeno del volumen, K_t mide el desplazamiento de la curva de oferta de arroz como proporción del precio inicial, y ε es la elasticidad precio de la oferta.

El coeficiente del parámetro que se utiliza como medida del cambio técnico, K_t, se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$K_t = \left[\frac{E(Y)}{\varepsilon} - \frac{E(C)}{1+E(Y)} \right] A_t (1-d_t) \quad (2)$$

Donde *E(Y)* es el incremento esperado en rendimiento de la nueva variedad, *E(C)* es el cambio proporcional en los costos variables de insumos por hectárea, A_t es la tasa de adopción de la variedad en el año *'t'*, y d_t es un factor de depreciación tecnológica. La ganancia monopólica π_t en el año *'t'* se calcula como producto del margen monopólico (*markup*) μ_t en el precio de la semilla transgénica por hectárea, la tasa de adopción en el año *'t'* y el área total de arroz L_t:

$$\pi_t = \mu_t A_t L_t \quad (3)$$

La fórmula anterior asume que todos los productores que adoptan la variedad transgénica compran semilla nueva todos los años. Como se explica en detalle más adelante, este supuesto es plausible considerando que dicho comportamiento ya se verifica con el uso de semilla certificada de arroz en el Uruguay, y en la medida que el sobreprecio de semilla se ubique dentro de márgenes razonables y no incentive al uso de semilla ilegal o propia.

El cambio total en el excedente del productor se calcula como la suma de los excedentes anuales descontados durante el período de años *"T":*

$$\Delta PS = \sum_{t=0}^{T} \left[\Delta PS_t (1+r)^{-t} \right] \quad (4)$$

Donde *'r'* es la tasa anual de descuento. De la misma manera, el total de la ganancia actualizada π del monopolista es la suma de las ganancias anuales descontadas durante el período *"T^m"* de duración de la patente sobre la innovación:

$$\pi = \sum_{t=0}^{T^m} \left[\pi_t (1+r)^{-t} \right] \quad (5)$$

El modelo expuesto es una simulación ex - ante y por lo tanto varios de sus parámetros asumen valores de incertidumbre. Por ejemplo, el grado de certeza sobre la tasa esperada de adopción de una nueva tecnología agrícola es muy limitado en evaluaciones ex – ante pero ampliamente determinístico en evaluaciones ex – post. Cuando los productores adoptan una nueva tecnología, también existe un cierto grado de incertidumbre tecnológica respecto al comportamiento de la misma. Esta incertidumbre puede ser mayor en el caso de variedades transgénicas ya que éstas implican cambios mayores en los componentes del sistema de producción (Saha y otros, 1994). La literatura sobre evaluación ex – ante de tecnologías agrícolas ha empleado tradicionalmente valores determinísticos para las variables de incertidumbre, y la robustez de los resultados se ha estudiado en base a análisis de sensibilidad. Sin embargo, la mejor representación de incertidumbre en variables de un modelo es asignándoles distribuciones de probabilidad (véase por ejemplo Mills, 1997). Estimando los beneficios derivados de la introducción de algodón *Bt* en los Estados Unidos, Falck-Zepeda y otros (2000) reemplazan el análisis de sensibilidad con métodos de simulación estocástica. Siguiendo este enfoque, en este trabajo se asignan distribuciones de probabilidad al rendimiento esperado por hectárea, al cambio en los costos de herbicidas por hectárea, al margen

monopólico en el precio de la semilla, al precio del producto, a la tasa máxima de adopción de la variedad y a la elasticidad precio de la oferta.

Otro aspecto a resolver es la naturaleza temporal de la incertidumbre durante los 15 años usados como período del análisis. Se asume que dos variables son eventos aleatorios cada año: el precio del producto, el cual en general se desconoce al principio de la zafra, y el incremento esperado en rendimiento por hectárea, el cual es afectado en cada zafra por otros factores tales como el clima y la presión variable de enmalezamiento de los cultivos. Por lo tanto, el precio y el rendimiento toman diferentes valores cada año de acuerdo a su distribución de probabilidad. Las otras variables de incertidumbre asumen un valor el primer año y este se mantiene fijo para el resto del período. En particular, la reducción esperada en costos de herbicidas por hectárea se fija luego del primer año ya que los productores esperarían alcanzar el mismo nivel de reducción de costos en años subsiguientes. El margen monopólico en el precio de la semilla también asume un valor fijo luego del primer año y se aplica por diez años. Luego del año 10, asume un valor de 0.

En la sección siguiente se presenta una breve descripción del sector arrocero en Uruguay como justificación a los valores asignados a los parámetros del modelo.

La Producción de Arroz en el Uruguay: Justificación de los Parámetros del Modelo

El arroz es uno de los cultivos más importantes en Uruguay, promediando un área sembrada de 157.000 hectáreas en el período 1992-2003. Entre otros factores, el área ha respondido con un año de retraso respecto a la tendencia en el precio del grano (tabla 1). Aproximadamente el 80% de la producción nacional es exportada y se han generado ingresos anuales de divisas por 190 millones de dólares en promedio, lo cual representa un 8,5% del promedio del total de exportaciones del país (ACA, 2003a).

La producción de arroz es una actividad altamente especializada y mecanizada y se realiza en suelos de muy baja pendiente o planos que son irrigados artificialmente desde ríos, canales o represas. Con el objetivo de producir arroz de alta calidad para exportación, se aplica un paquete tecnológico sofisticado donde la semilla juega un rol fundamental. Desde los inicios del funcionamiento del complejo arrocero en la década de los 60's, la industria, los productores y la investigación se han integrado y colaboran para ofrecer semilla certificada a precios accesibles a los productores, de forma de disminuir el costo del insumo en los costos totales de producción y de desincentivar el uso de semilla propia. Como resultado de esta política, el uso de semilla certificada supera normalmente el 85% del área (DIEA, 2000 y 2003; Risso y Sanguinetti, com. pers., 2005).

El precio del arroz también ha influido en los costos de producción, los cuales aumentaron desde US$ 952 hasta US$ 1.185 por hectárea durante el período 1992-1998, y desde entonces han disminuido hasta US$ 658 por hectárea en 2002. Para la zafra 2003-2004, el costo promedio estimado se incrementó nuevamente hasta US$ 787 por hectárea (Revista Arroz, 1999; Salgado, 2003; ACA, 2003b y 2003c). El costo promedio para los doce años del período considerado es de US$ 930 por hectárea[1]. En la tabla 2 se presenta la estructura promedio de costos para las zafras 2002/03 y 2003/04 de un productor de 300 hectáreas que aplica herbicidas en 78% del área. Se observa que los mayores precios del grano obtenidos en 2003 influenciaron la estructura de costos de la zafra siguiente,

1 El costo en dólares ha variado, entre otras causas, por la variación del precio del grano y su influencia en costos que se fijan en kgs. o bolsas de arroz, y debido a los efectos de la liberalización del tipo de cambio del año 2002 que tuvo su efecto en componentes de costo como la mano de obra.

incrementando la proporción de aquellos componentes de costo cuyo precio se fija en bolsas o kilogramos de arroz como riego, cosecha, servicios de poscosecha y por supuesto, semilla. También se incrementó el costo de oportunidad de la tierra por un aumento en el costo del arrendamiento. Sin embargo, los costos de herbicidas disminuyeron debido a la aparición de formulaciones genéricas más baratas. A modo de comparación, en 1999 el costo de herbicidas se estimaba en US$ 90 por hectárea y representaba el 8,2% del costo total de producción. Desde entonces el costo de herbicidas disminuyó tanto en valor absoluto como en proporción del costo total.

A pesar de las variaciones en el costo, el paquete tecnológico para la aplicación de herbicidas se ha mantenido. Comienza en general con una preparación de tierra en el invierno (Junio – Setiembre) o incluso durante el verano anterior en algunos casos. En estos momentos se aplican entre 5 y 8 litros de herbicidas totales de forma de mantener el barbecho limpio. Luego de sembrado el cultivo y una vez que su madurez lo permite, se aplican mezclas de hasta tres formulaciones diferentes para combatir las malezas, principalmente el capín (*Echinochloa sp*) y el arroz rojo (*Oryza sp*.).

La simulación de una variedad transgénica resistente a herbicidas modifica la tecnología de producción y la estructura básica de costos presentada, tanto en los rendimientos por hectárea como en los costos variables de insumos, de la forma que se describe a continuación.

Tabla 1. Uruguay: área de arroz, rendimiento promedio y precio, periodo 1992-2003

Año	AREA (Hectáreas)	Rendimiento (Toneladas por Hectárea)	Precio (U.S. Dólares por Tonelada)
1992	127.268	4,86	160
1993	135.739	5,15	160,4
1994	134.332	4,65	197,4
1995	146.268	5,53	182
1996	150.941	6,44	207
1997	155.492	6,67	206
1998	180.229	5,27	245
1999	205.990	6,32	148
2000	185.000	6,60	106
2001	153.676	6,70	105,4
2002	157.235	5,44	116
2003	152.203	5,75	181
Promedio	157.031	5,8	168

Fuente: ACA, 2003a

Tabla 2. Estructura Promedio de los Costos de Producción de Arroz (en U$S/há).

Componente de Costo	Costo por Hectárea 2002/03	Costo por Hectárea 2003/2004	Porcentaje (%) 2002/03	Porcentaje (%) 2003/04
Preparación de Tierra	58,3	59,5	8,9	7,6
Semilla	35,3	57,6	5,4	7,3
Fertilizantes	54,6	62,2	8,3	7,9
Herbicidas (1)	41,8 (53,6)	29,8 (38,2)	6,4	3,8
Pesticidas	8,4	10,9	1,3	1,4
Equipo Arrendado	29,3	26,3	4,5	3,3
Mano de Obra	59,2	64,1	9,0	8,1
Riego	92,8	122,9	14,1	15,6
Cosecha	52,3	70,4	8,0	8,9
Servicio Pos-Cosecha (2)	78,8	110,5	12,0	14,0
Costo Financiero y Otros(3)	104,2	109,8	15,8	13,9
Costo Oportunidad de la Tierra	42,7	63,4	6,5	8,1
TOTAL	657,7	787,4		

Fuente: ACA (2003b, 2003c). (1) Las cifras en paréntesis representan el costo de herbicidas por hectárea aplicada; (2) Incluye transporte y secado de grano; (3) Intereses, impuestos y servicios administrativos

Incremento Esperado del Rendimiento por Hectárea (E(Y))

El rendimiento de los cultivos es típicamente incierto al comienzo del ciclo. En el caso de nuevas variedades, la información disponible en ensayos experimentales de evaluación se puede usar como aproximación al rendimiento esperado a campo, pero en Uruguay aún no se han realizado ensayos de este tipo para variedades de arroz transgénico. Los beneficios esperados de una variedad de arroz transgénico provienen principalmente de reducciones en los costos de herbicidas, no obstante podrían esperarse incrementos de rendimiento debido a un control más eficiente de las malezas y a la consecuente disminución de la competencia por luz, agua y nutrientes que estas provocan. La presión de enmalezamiento se ve afectada además por otros factores tales como historia de la chacra, el paquete tecnológico aplicado y las condiciones agroclimáticas. Debido a la existencia de varios factores que interactúan entre sí, el enfoque más correcto es asumir distribuciones de probabilidad para el incremento de rendimiento. Oard y otros (1996) han informado incrementos de rendimiento de hasta 7% en cultivos de arroz resistentes a herbicidas debido a un mejor control de malezas. Basados en esta evidencia, se le asigna a dicha variable una distribución de probabilidad triangular con 0%, 2,5% y 5% para los valores mínimo, más probable y máximo respectivamente.

Variación Esperada en los Costos Variables de Insumos (E(C))

Se simulan cambios en dos componentes de los costos variables en insumos: el costo de herbicidas por hectárea y el margen monopólico en el precio de la semilla. Si bien la experiencia regional indica que en otros cultivos transgénicos resistentes a

herbicidas se han verificado variaciones en el costo de otros insumos (por ejemplo, mano de obra y maquinaria), a priori no existen suficientes evidencias que esto ocurra también para el caso de arroz en Uruguay y por lo tanto no se consideran para el análisis. El supuesto que se utiliza en la simulación es que el control de malezas sería efectivo con una sola aplicación del producto activo al cual la variedad es resistente. El costo promedio de herbicidas por hectárea en las dos zafras de la tabla 2 es US$ 45,9. Comparando con el caso de la soja resistente a glifosato, cabría esperar que los nuevos costos de una variedad de arroz resistente a herbicidas fueran US$ 15 por hectárea, a razón de 6 litros de herbicida por hectárea y a un costo de US$ 2,5/litro. Esto implica una reducción de costos de US$ 30,9 por hectárea, cifra que se utiliza como el valor máximo de la distribución de probabilidad. Para determinar el valor mínimo, se asume que se necesitarían dos aplicaciones de herbicidas (US$ 30 por hectárea). Esto implica un valor mínimo de la distribución de US$ 15,9 por hectárea. Para el valor más probable se toma US$ 25, asumiendo que la reducción promedio en costos debería estar más cercana al valor que se corresponde con la mayor eficiencia productiva. Estos valores son comparables, por ejemplo, con la reducción de US$ 14 por hectárea obtenida en los cultivos de soja resistente a herbicidas en Argentina, aunque en dicho caso los costos totales de la tecnología convencional son menores a los del presente análisis (Qaim y Traxler, 2005). En resumen, se le asigna a la variación en los costos de herbicida por hectárea una distribución triangular con valores de US$ 15,9, US$ 25 y US$ 30,9 para el mínimo, más probable y máximo respectivamente.

El segundo componente de costos que varía es el margen que el propietario de la semilla transgénica fija por encima del precio competitivo, y que se asocia al grado de poder monopólico que puede ejercer en dicho mercado[2]. De acuerdo a los antecedentes existentes con la soja y el algodón transgénicos en los Estados Unidos, la magnitud de dicho margen es específica a cada cultivo y ha variado entre US$ 17 y US$ 79 por hectárea, aunque a los valores más altos la adopción ha sido sub-óptima (Hubbell y otros, 2000; Carpenter y Gianessi, 1999; Couvillion y otros, 2000). En un trabajo reciente, Qaim y de Janvry (2003) estimaron que la disposición a pagar por semilla de algodón *Bt* de los productores argentinos era equivalente a un margen de US$ 23 por hectárea, valor muy inferior al equivalente de US$ 78 a los cuales se comercializaba. Por otro lado, de acuerdo a Huang y otros (2003), el precio unitario de la semilla de algodón *Bt* en China (US$ 4,85/kg.) es más de 6 veces el valor de la semilla convencional (US$ 0,78/kg.), aunque los costos totales por hectárea son similares debido a la menor densidad de semilla aplicada en el cultivo transgénico y al uso parcial de semilla propia por parte del productor. Podría argumentarse que en países en vías de desarrollo los márgenes monopólicos pueden ser menores debido a una mayor elasticidad de demanda por insumos de los productores. En este trabajo también se asume que los productores deben tener suficientes incentivos para adoptar la variedad y por lo tanto el margen monopólico en el precio de la semilla no puede extraer todas las ganancias esperadas con la reducción de costos en insumos (i.e., herbicidas) de la nueva variedad. Este criterio implica que el límite superior de la distribución del margen monopólico es de US$ 30 por hectárea. El límite inferior podría en teoría ser 0, pero este escenario particular se analiza en forma separada. Se fija el límite inferior entonces en US$ 5 por hectárea. El valor más probable

[2] La patente del herbicida glifosato ha expirado y por lo tanto no corresponde asignar ganancias monopólicas en el mercado de herbicidas. Esto podría en teoría reducir los incentivos de la multinacional para invertir en I&D, pero la evidencia también indica que los menores costos del herbicida han impulsado una mayor tasa de adopción de la variedad transgénica e incrementado las ventas de herbicidas (Qaim y Traxler, 2005).

se fija en el promedio de estos dos extremos, US$ 17,5 por hectárea. Como el sobreprecio que el monopolista puede extraer depende del nivel de reducción de costos de herbicidas obtenido, en el modelo se fija una correlación positiva de 0,8 entre estas dos variables.

Tasa de Adopción (A_t)

En análisis ex – ante, la tasa de adopción de una tecnología es incierta y tiene un efecto significativo sobre la magnitud del excedente económico total. La asignación de valores ex – ante no es sencilla ya que existen muchos factores que afectan la adopción tecnológica a través del tiempo y la tasa máxima de adopción a alcanzar. Alston y otros (1995) sugieren que las curvas de adopción tecnológica trapezoidales o logísticas son las más adecuadas para estudios ex – ante. La figura 1 muestra que la adopción histórica de variedades de arroz en Uruguay ha seguido en líneas generales dicho comportamiento. Las dos variedades principales, *El Paso 144* e *INIA Tacuarí*, ocupan en los últimos años más del 90% del área, mientras que *Bluebelle*, la variedad más popular durante la década de los 80's, ha disminuido su participación casi linealmente desde inicios de los 90's hasta prácticamente desaparecer.

Por otro lado, no existe evidencia en contrario a que los factores que afectaron la velocidad de adopción de innovaciones agrícolas anteriores (i.e., una estructura de costos heterogénea a nivel de las empresas individuales y las características socio-económicas de los productores, entre otros) no jueguen un rol similar actualmente con respecto a variedades transgénicas de arroz[3]. Por lo tanto, en el presente trabajo se asume que la variedad transgénica sigue un patrón de adopción similar al de variedades anteriores, con una fase inicial de crecimiento logístico, un máximo constante entre los años 5 y 10, y una reducción lineal de la adopción a partir del año 10 llegando a adopción cero en el año 16.

Tal cual se muestra en la figura 1, aunque los patrones de adopción sean similares la tasa máxima de adopción $A_{máx}$ de las

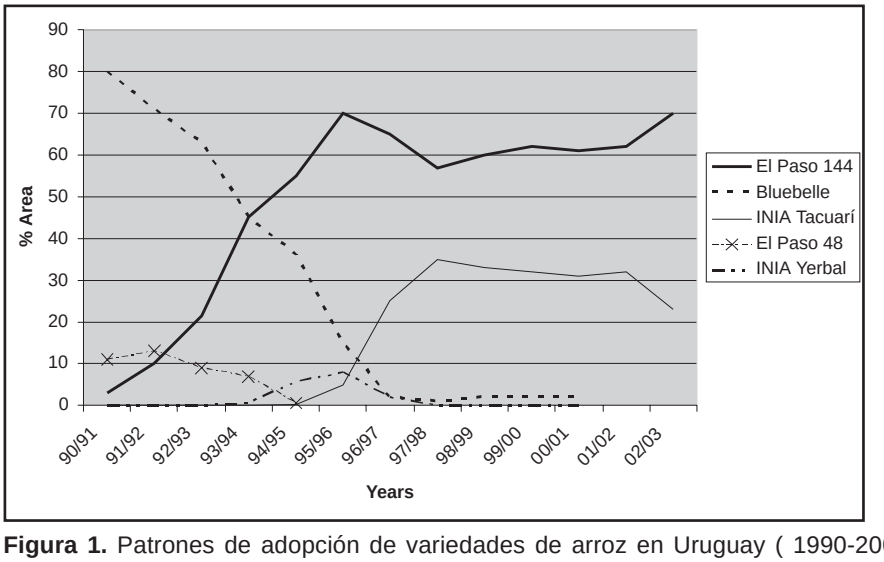


Figura 1. Patrones de adopción de variedades de arroz en Uruguay (1990-2003) (Fuente: Zorrilla, 2001; Salgado, 2003)

[3] La evidencia con respecto a la adopción de somatotropina recombinante bovina (rBST) en los Estados Unidos sugiere que el patrón de adopción de las biotecnologías es similar al de las tecnologías convencionales (Barham y otros, 2004).

Tabla 3. Rango de reducciones de costos unitarios y tasas máximas de adopción esperadas para cada rango

Rango de Reducción de Costos Unitarios (%)	Tasa Máximas de Adopción Esperadas(% -Valores de la Distribución Triangular)		
	Mínimo	Más Probable	Máximo
0 - 2,5	0	2	5
2,5 - 5	0	3	5
5 - 7,5	3	7	20
7,5 - 10	5	15	30
10 - 12,5	20	40	60
12,5 - 15	30	60	70

Fuente: Zorrilla, 2001

distintas variedades varía probablemente en función de la rentabilidad relativa de la tecnología, medida ésta como la reducción esperada en costos unitarios. A diferencia de la mayoría de los trabajos anteriores de evaluación ex - ante, en este análisis se le asigna a la tasa máxima de adopción una distribución de probabilidad triangular cuyos valores son condicionales a la reducción de costos unitarios esperada. La calibración inicial del modelo indica que las máximas reducciones de costos unitarios esperadas se ubican en el entorno de 15%. Se dividió entonces el intervalo entre 0% y 15% en seis rangos similares de 2,5 puntos. Los valores mínimo, más probable y máximo para la tasa máxima de adopción en cada rango se obtuvieron a partir de una encuesta realizada en 2001 con el responsable del Programa Nacional de Arroz de INIA, siguiendo el protocolo de evaluación de riesgo en base a encuestas experto del Stanford Research Institute (Morgan y Henrion, 1990). Basados en los valores obtenidos y que se presentan en la tabla 3, el modelo selecciona la distribución de tasas máximas de adopción de acuerdo al rango de costos unitarios correspondiente. La distribución de las tasas máximas se combina posteriormente con los parámetros estáticos del patrón de adopción tecnológica para calcular las tasas de adopción anuales a lo largo del período de 15 años.

Precio (P_t)

Basado en series de tiempo de los precios recibidos por los productores de arroz de Uruguay durante el período 1992 – 2003 (tabla 1), se le asigna al precio del producto una distribución normal con media US$ 168,0 por tonelada y desviación estándar de US$ 43,8 por tonelada.

Elasticidad Precio de la Oferta (ε)

No existen estimaciones recientes sobre la elasticidad precio de la oferta de arroz en Uruguay, una variable a la cual los resultados del modelo de excedentes económicos son muy sensibles. Visto que el período de análisis son 15 años, las estimaciones relevantes son las de la elasticidad en el largo plazo. Estas en general son más altas que las de corto plazo ya que en el largo plazo todos los factores fijos de producción se vuelven variables. A nivel internacional, Chavas y Cox (1995) estiman que para un grupo de “otros cultivos”, que incluiría el arroz, la elasticidad precio de la oferta se sitúa entre 0,60 y 1,31. Rao (1989), en un estudio clásico de elasticidades para países en vías de desarrollo, halló elasticidades de área para cultivos específicos entre 0 y 0,8 en el corto plazo y entre 0,3 y 1,2 en el largo plazo. Las elasticidades de área

son usadas comúnmente como una aproximación a las elasticidades de oferta ya que los productores tienen mayor control sobre el área de cultivo que siembran que sobre el volumen de producto que obtienen. El trabajo de Rao también cita estudios sobre Argentina que estiman la elasticidad del producto agrícola agregado en dicho país entre 0,42 y 0,52 en el corto plazo. En un estudio similar, Tsakok (1990) encontró que las estimaciones de elasticidad de largo plazo para arroz varían ampliamente entre 0,02 y 2,72. Analizando los retornos a la inversión en investigación en arroz en Uruguay, Echeverría y otros (1991) se apoyan en estimaciones previas para utilizar una elasticidad de la oferta de cero. Sin embargo, la información presentada en la tabla 1 sugeriría que por lo menos en los últimos 15 años el área responde en alguna medida a las variaciones de precio. Por otro lado, las condiciones de suelo y riego que son necesarias para la siembra de arroz en Uruguay limitan la producción en el largo plazo e imponen una restricción al valor superior de la elasticidad de la oferta.

La revisión de la literatura no brinda un dato preciso sobre el rango en que se podría estimar la elasticidad de oferta en Uruguay. Alston y otros (1995) sugieren que para estudios empíricos relacionados con fijación de prioridades y cuando no existen datos disponibles, la elasticidad de la oferta puede fijarse en 1,0. Sintetizando la información presentada y considerando el alto grado de incertidumbre con respecto a esta variable, se le asigna entonces una distribución de probabilidad triangular con un valor mínimo de 0,3, un valor más probable de 1,0 y un valor máximo de 1,5. Como ya fuera mencionado, este valor es fijo luego del primer año.

Variables Determinísticas

A todos los restantes parámetros del modelo se le asignan valores determinísticos. Los costos totales promedio de producción son US$ 930 por hectárea. Como se asume que la tecnología ya se encuentra disponible, la probabilidad de éxito de la investigación es 100 por ciento y no corresponde incluir el período de investigación previo (*lag*). La tasa anual de depreciación tecnológica es 10 por ciento a partir del año 10 y representa, por ejemplo, el aumento en la resistencia a herbicidas que las malezas podrían adquirir[4]. La tasa de crecimiento exógeno del producto es 2,9%, similar al promedio de incremento del área para la serie de tiempo de la tabla 1. Se asume que este crecimiento está motivado, por ejemplo, por un incremento de la disponibilidad de área de riego y del sistema de almacenamiento y procesamiento de granos, y que estas inversiones no están relacionadas con la respuesta que los productores tienen en área de siembra con respecto a las variaciones en el precio. La tasa de crecimiento exógeno se aplica también al área para permitir el cálculo de las ganancias monopólicas. La cantidad base en el año 1 es 912.000 toneladas, el promedio de producción del período considerado. La tasa de descuento aplicada es de 5%[5].

Resultados

En la tabla 4 se presentan la media y los intervalos de confianza del 5% y el 95% del Valor Presente Neto (VPN) de los cambios

[4] En este modelo, la tasa de depreciación tecnológica afecta el nivel de reducción de costos unitarios a partir del año 10 pero no afecta la tasa de adopción, ya que los patrones y la tasa de adopción máxima se determinan únicamente con el nivel de reducción de costos unitarios calculado para el primer año. Por otro lado, con el valor de la tasa de descuento aplicada, el comportamiento de la fase de adopción descendente tiene escaso impacto en las estimaciones del VPN. Resultados similares se obtienen si, por ejemplo, el modelo asume que la adopción se incrementa luego de que la patente vence a partir del año 10.

[5] La simulación se ejecutó usando el programa *@Risk 4.0.5 para Excel*, con un criterio de convergencia de 1 por ciento y muestreo tipo Hipercubo Latino.

Tabla 4. Resultados: VPN del cambio de excedentes de los productores, excedentes totales y ganancias monopólicas (en U$S).

	Media	IC 5%	IC 95%
Excedente Productor (US$)	1.815.438	58.180	7.782.129
Ganancia Monopólica (US$)	554.183	32.357	2.035.723
Excedente Total (US$)	2.369.621	90.537	9.817.852
% Productores	76,6	64,3	79,3
% Monopolista	23,4	35,7	20,7

en excedentes totales y de los productores, así como de las ganancias monopólicas.

El VPN promedio del cambio esperado en el excedente económico de los productores de arroz es de US$ 1,82 millones. El VPN promedio de la ganancia monopólica es US$ 0,55 millones y el de excedentes totales es US$ 2,37 millones. El supuesto que la ganancia monopólica corresponde a una firma multinacional implica que el 23,4% del excedente generado por la innovación se transfiere al exterior y que el 76,6% restante pertenece al mercado doméstico. El intervalo de confianza del 5% y 95% que rodea la media es en cierta medida sorprendente ya que el rango del 5% es apenas un 4% del valor medio y el rango del 95% es cuatro veces superior a la media. Estos valores absolutos sugieren que las conclusiones derivadas de estudios ex – ante con múltiples variables inciertas y probablemente correlacionadas, deben tomarse con precaución.

Los intervalos de confianza asociados a la distribución relativa de los beneficios entre productores y monopolista son sin embargo más compactos, situándose estos últimos en el rango entre 21 a 36%. La distribución de los beneficios es comparable a la informada en estudios similares. Un resumen de estudios de impacto sobre el algodón *Bt* en China, México y Estados Unidos muestra que las estimaciones sobre la participación de la firma multinacional fueron respectivamente 12%, 14% y 36%, mientras que los porcentajes de los productores fueron 88%, 86% y 45% respectivamente. En los Estados Unidos, los consumidores también obtuvieron un 19% del total de excedentes generados (Pingali y Traxler, 2002). Sin embargo, debido a la diferente dimensión relativa del mercado, la magnitud absoluta de los beneficios en estos países fue muy superior a la estimada en el presente trabajo. En China, por ejemplo, aún con sistemas de derechos de propiedad intelectual más débiles, las ganancias monopólicas fueron de US$ 15 millones. En Estados Unidos, y solamente durante el año 1996, estos beneficios monopólicos totalizaron US$ 54 millones (Falck-Zepeda y otros, 2000). Comparando a nivel regional y en base a áreas de cultivos similares a la del presente estudio, las estimaciones de los beneficios monopólicos obtenidos a partir de la venta de semilla de algodón *Bt* en Argentina durante la zafra 2000-2001 fueron de US$ 1,7 millones, más de tres veces el valor medio

Tabla 5. VPN del cambio en excedentes del productor y excedentes totales bajo supuesto de competencia perfecta en el mercado de semilla transgénica (en U$S).

	Media	***IC 5%***	***IC 95%***
Excedente Productor (US$)	5.385.757	166.548	14.838.820

obtenido en este estudio para todo el período de la simulación. En el mismo trabajo se estimó la diferencia de margen bruto entre la variedad transgénica y la convencional entre 39 y 6 dólares la hectárea en dos años diferentes (Qaim y de Janvry, 2003). Los niveles relativamente bajos de excedentes estimados en el presente trabajo se deben en parte al nivel esperado de reducción de costos unitarios. Aplicando los valores medios de los parámetros de la simulación, el margen bruto neto obtenido es de US$ 32 por hectárea. Este valor es relativamente bajo comparado con los beneficios esperados para el arroz transgénico en los Estados Unidos, los cuales varían entre US$ 50 y US$ 210 por hectárea (Giannessi y otros, 2002; Annou y otros, 2000). Sin embargo, es superior al obtenido a nivel de campo con la soja transgénica en Argentina, el cual se ubica entre US$ 14 y US$ 23 por hectárea (Penna y Lema, 2003; Qaim y Traxler, 2005).

Un aspecto que interesa analizar es la comparación de los excedentes económicos generados bajo el supuesto de mercados en competencia imperfecta, con los que se generarían si el mercado de la semilla transgénica se comportara como perfectamente competitivo. Esto se logra fijando en cero el margen monopólico en el precio de la semilla (tabla 5).

La media del excedente económico doméstico estimado bajo el supuesto de competencia perfecta se incrementa de US$ 1,82 millones a US$ 5,38 millones. Como este supuesto implica que la multinacional no obtiene ganancias monopólicas, todo el excedente generado corresponde a excedente de los productores. En general, la bibliografía indica que cuando se comparan los beneficios totales generados bajo competencia perfecta e imperfecta, las mayores diferencias se encuentran en la distribución de los excedentes entre productores, consumidores y monopolista que en su magnitud absoluta (Alston y otros, 1997). Sin embargo, el presente trabajo muestra que cuando las tasas de adopción están vinculadas a la reducción de costos unitarios obtenida (y por lo tanto al margen monopólico), los cambios en la magnitud de los excedentes totales pueden ser sustanciales. Por ejemplo, usando el valor esperado de las variables del modelo se obtiene una reducción de costos unitarios de 3,3% en el escenario de competencia imperfecta y de 5,2% en el de competencia perfecta. Dados los niveles de adopción condicionales de la tabla 3, la tasa de adopción máxima esperada cambia del 3 al 7% y por lo tanto el excedente total se incrementa en forma más que proporcional con respecto a los cambios en la rentabilidad de la tecnología.

A los efectos de identificar las variables con mayor influencia en los resultados del modelo, se analizan a continuación los coeficientes de correlación obtenidos entre los diferentes parámetros de incertidumbre y el excedente económico (tabla 6). Las variables de mayor correlación con el cambio en excedente económico total son la tasa de adopción (0,41) y el incremento esperado de rendimiento (0,27). La correlación con el cambio en el costo de herbicidas por hectárea es baja (0,05), aunque levemente positiva. El hecho que el incremento esperado de rendimiento tenga una correlación alta genera consecuencias sobre las estrategias adecuadas para incrementar los beneficios esperados de una nueva variedad transgénica. Este dato sugiere que, particularmente para

Tabla 6. Coeficientes de correlación ente las variables de incertidumbre con los excedentes totales y la ganancia monopólica.

	Excedente Total	Ganancia Monopólica
Incremento Esperado Rend.	0,27	0,29
Cambio Costos de Herbicida	0,05	0,18
Tasa de Adopción	0,41	0,39
Sobreprecio Semilla	0,00	0,19
Elasticidad Oferta	-0,36	- 0,28

mercados de tamaño reducido, las multinacionales obtendrían mayores beneficios introduciendo los genes apropiados en variedades de alto rendimiento ya adaptadas localmente, antes que intentar introducir la variedad transgénica desde otros ambientes y corriendo el riesgo que produzcan rendimientos menores en los sistemas de producción del Uruguay.

La correlación positiva existente entre el excedente económico total y la tasa de adopción es esperada. La correlación con la elasticidad de oferta es -0,36. Esta correlación negativa proviene en parte porque un incremento de la elasticidad de oferta reduce en forma directa la magnitud del coeficiente K_t que mide la reducción de costos unitarios (ver ecuación (2)). En los hechos, la elasticidad tiene una influencia muy alta en la magnitud de los resultados obtenidos. Para una media del parámetro de 0,5, el excedente esperado del productor es de US$ 3,5 millones y la ganancia monopólica esperada es de US$ 0,9 millones, pero una elasticidad de oferta media de 1,3 produce US$ 1,46 millones de excedentes del productor y US$ 0,48 de ganancia monopólica. Como la variable es estocástica debido a la carencia de datos confiables, una estimación más precisa contribuiría a mejorar los resultados y las predicciones de trabajos futuros.

Las correlaciones entre los parámetros estocásticos y las ganancias monopólicas también están indicadas en la tabla 6. Como era de esperar, la correlación con el margen en el precio de la semilla transgénica es positiva y levemente superior (0,19) a la correlación de esta última variable con los excedentes totales. Este resultado es debido a la relación directa entre las ganancias monopólicas y la magnitud del margen monopólico. La correlación positiva de las ganancias monopólicas con la reducción en costos de herbicidas por hectárea (0,18) es indirecta y se debe a la correlación que se asumió entre esta última variable y el margen monopólico. La correlación relativamente alta con el incremento esperado de rendimiento (0,29) reconfirma la importancia de esta variable en determinar la magnitud de los beneficios económicos. Como es de esperar, la ganancia monopólica está correlacionada positivamente con la tasa de adopción (0,39) y, al igual que el excedente económico total, negativamente con la elasticidad (-0,28).

La sensibilidad de los resultados a la magnitud del margen en el precio de semilla transgénica se examina incrementando la media de la distribución a US$ 25 por hectárea en

lugar de los US$ 17,5 fijados originalmente. El excedente del productor se reduce a US$ 1,6 millones, mientras que la ganancia monopólica permanece casi constante en US$ 0,58 millones, y el excedente total se reduce a US$ 2,18 millones. Por otro lado, cuando la media del margen monopólico es de US$ 10 por hectárea, el excedente del productor se incrementa a US$ 2,1 millones, la ganancia monopólica se reduce a US$ 0,52 millones, y el excedente total aumenta a US$ 2,62 millones. Por lo tanto, el excedente total disminuye con el margen monopólico sin producir incrementos significativos en la ganancia monopólica. Esto ocurre así porque las pérdidas asociadas a una menor tasa de adopción son mayores a las ganancias obtenidas por un mayor margen. No es por lo tanto un efecto directo en el excedente total, sino uno indirecto a través de la modificación de la tasa de adopción.

El análisis explora también los efectos de supuestos diferentes referidos a la aplicación legal de los derechos de propiedad intelectual, a la tasa de adopción y al margen monopólico. En particular, cuando se simula una protección legal más débil reduciendo el mercado de la multinacional al 60% del área de adopción potencial, la ganancia monopólica disminuye a US$ 0,34 millones. El excedente del productor no cambia en este modelo, aunque se podría suponer un pequeño incremento debido a los beneficios incrementales que obtendrían aquellos productores que están adoptando la tecnología sin pagar sus costos. También se simula la aparición de otros proveedores de variedades transgénicas similares, lo cual aumentaría la competencia, reduciendo el margen en el precio de la semilla en un 20% por año luego del primer año. La ganancia monopólica se reduce a US$ 0,2 millones, mientras que el excedente de los productores y el total aumenta a US$ 2,22 y US$ 2,42 millones respectivamente. La mayor competencia favorece entonces a los productores, quienes capturan una proporción mayor de los excedentes totales, pero reduce los incentivos de la empresa monopolista. Finalmente, un patrón de adopción diferente también altera los resultados, particularmente si se espera que la variedad tenga un ciclo de vida más corto y se reduzcan los excedentes del productor y las ganancias monopólicas. Simulando una disminución de la adopción de un 20% por año luego del pico en el año 5, el excedente total se reduce a US$ 1,43 millones, de los cuales a los productores les corresponden US$ 1,06 millones y a la firma monopolista US$ 0,37 millones.

Conclusiones

En Uruguay, las decisiones sobre la pertinencia de introducir innovaciones agrícolas basadas en biotecnologías trascienden al cumplimiento del marco regulatorio vigente y se ubican a nivel del posicionamiento estratégico deseado para el país, ya que se relacionan con la mejora de la competitividad, las condiciones de acceso a los mercados y la promoción de una imagen comercial en el concierto mundial. En este debate se plantea frecuentemente el antagonismo entre la producción en condiciones naturales y el uso de biotecnologías en el sector agropecuario. Una decisión estratégica de esta relevancia debe ser acompañada de un análisis riguroso de cada una de las alternativas involucradas. Como contribución a este debate, en este trabajo se han analizado los beneficios económicos potenciales de la introducción de una variedad de arroz resistente a herbicidas y la distribución de estos beneficios entre productores y propietarios de la innovación.

En los últimos 20 años la inversión privada ha sido la fuerza motriz que ha permitido el aumento en los gastos en I&D agropecuario en el mundo, pero en los países en desarrollo y particularmente en los de menor escala económica la participación privada en la investigación agropecuaria es aún insignificante (Pray, 2002). Esta brecha entre regiones corre el riesgo de agrandarse en los próximos años si se mantienen las tendencias actuales respecto a la inversión privada en biotecnología. Desde este punto de vista, es crucial para pequeños países

en desarrollo como Uruguay crear las condiciones necesarias para hacer atractiva la inversión privada en I&D. Sin embargo, los retornos potenciales que se obtendrían a partir de una variedad transgénica en uno de los cultivos más importantes en el país demuestran la dificultad de lograr que estas inversiones se produzcan sin algún tipo de apoyo desde los sectores públicos debido a lo reducido del mercado potencial. Los resultados de la simulación muestran que el cambio esperado en el excedente económico total es de US$ 2,37 millones, de los cuales US$ 1,82 millones (77%) corresponden a los productores nacionales y US$ 0,55 millones se extraen como ganancias monopólicas de la firma multinacional propietaria de la patente sobre la variedad. Por otro lado, si la variedad fuera producida y comercializada en un mercado de semilla transgénica perfectamente competitivo, la tasa de adopción se incrementaría, aumentando el excedente esperado del productor a US$ 5,38 millones y reduciendo a cero la ganancia del monopolista. El estudio también muestra que el debilitamiento del sistema legal de protección intelectual, la aparición en el mercado de variedades transgénicas competitivas y la disminución en el margen monopólico a través del tiempo, reducen los beneficios de la multinacional así como sus incentivos a invertir en I&D. La dirección del cambio en los excedentes del productor en cada una de estas alternativas no es sin embargo homogénea. La incertidumbre asociada con muchos de los parámetros del modelo ex - ante utilizado sugiere que los valores reales de los beneficios obtenidos pueden desviarse sustancialmente de las medias estimadas. Por otra parte, el monopolista debe asumir todos los riesgos asociados con esta incertidumbre si es a su vez quien asume todos los costos de desarrollo de la variedad para las condiciones nacionales. A la luz de los escasos beneficios esperados para el monopolista y los ya relativamente altos porcentajes de participación de los productores locales en la distribución del excedente total, parece existir escaso margen para el diseño de políticas tendientes a capturar un porcentaje aún mayor del excedente generado en el país. En los hechos, a los efectos de estimular el desarrollo de las variedades transgénicas adaptadas a las condiciones de un país pequeño, las políticas de I&D agropecuario deberían concentrarse en incrementar los beneficios de las compañías obtentoras de la variedad antes que reducirlos. Byerlee y Fisher (2000) sugieren que estos esfuerzos deben concentrarse en incrementar los ingresos de la multinacional y reducir sus costos de investigación, para lo cual es necesario adoptar estrategias de complementación con el sector privado en lugar de competir con él.

La dimensión del mercado no es el único determinante de la inversión privada en I&D. El estatus jurídico con respecto a los derechos de propiedad intelectual y los costos de investigación también influyen en las decisiones privadas de entrada y salida del mercado (Pray, 2002). Por ejemplo, a pesar del relativamente reducido tamaño de mercado, las empresas multinacionales están comercializando variedades transgénicas en Sudáfrica, donde la protección efectiva de los derechos de propiedad intelectual es fuerte y donde las variedades ya desarrolladas para el mercado de Estados Unidos pudieron ser fácilmente adaptadas (Pingali y Traxler, 2002). Por el otro lado, la decisión de Monsanto de retirarse temporariamente de la comercialización de la soja resistente a herbicidas en Argentina, el segundo mercado en importancia de la empresa, obedece al incremento de la siembra de la variedad sin licencia y por fuera del sistema legal, el cual ha sido estimado en el entorno del 50% del total de la venta de semillas (Saint Louis Today, 2004). El efecto de un sistema de protección de derechos de propiedad intelectual débil es el de reducir el tamaño efectivo del mercado para la innovación e incrementar los costos de ejercer dicho derecho. A pesar de eso, aún bajo sistemas de protección considerados débiles el tamaño de mercado produjo ganancias de magnitud para las empresas multinacionales en Argentina, muy superiores a las esperadas en Uruguay en un hipotético

escenario de protección perfecta (Qaim y Traxler, 2005).

El presente análisis asumió que la multinacional podría ejercer sus derechos de propiedad sobre la innovación y cosechar los beneficios en toda el área sembrada con la variedad. Por lo tanto, las estimaciones representan el límite superior de las ganancias para la empresa propietaria. En la medida que el margen monopólico se encuentre dentro de límites razonables, este supuesto puede ser realista en Uruguay, donde existe un marco legal que protege los derechos de propiedad sobre las variedades así como procedimientos regulatorios y de bioseguridad para la introducción y comercialización de organismos genéticamente modificados (INASE, 2004). Por otro lado, la tradición de los productores de arroz de sembrar semilla certificada en más del 85% del área fortalece el atractivo del mercado ya que este sistema incrementa los beneficios esperados y reduce los costos de protección efectiva de la variedad, simulando un sistema de derechos de propiedad intelectual perfecto. También actúa como incentivo la política de INIA de licenciar a empresas nacionales y regionales la multiplicación y distribución de variedades de cultivos, estableciendo un sistema y una tradición que representan una ventaja para el país sobre la cual pueden basarse futuros acuerdos con empresas multinacionales (Allegri, 2002). Es de hacer notar que con la disminución del margen monopólico, el excedente económico incremental de los productores es mayor que la reducción de las ganancias monopólicas. Por lo tanto, desde el punto de vista de la teoría económica, ciertas formas de subsidio a la comercialización de semilla y a los contratos de protección de las variedades transgénicas podrían constituir una alternativa compensatoria a los efectos de reducir los costos de semilla a los productores.

Otros factores que reducen los costos de desarrollo de un producto transgénico son la existencia de un programa de mejoramiento genético potente a nivel del sector público y la disponibilidad de cierta capacidad de investigación en biotecnología. El desarrollo de alianzas estratégicas con el sector público puede aumentar el incentivo para las empresas biotecnológicas sin disminuir su derecho a los reclamos de protección de la innovación. En ese sentido, la estructura y el fuerte relacionamiento entre los distintos actores del complejo arrocero del Uruguay constituye un activo sobre el cual construir estos acuerdos. Las empresas multinacionales pueden estar más interesadas en introducir el gen en variedades de alto rendimiento ya adaptadas a las condiciones locales antes que importar y adaptar variedades desarrolladas para otros ambientes. Los resultados de la simulación, y más específicamente la alta correlación encontrada entre ganancias monopólicas y los incrementos esperados en rendimientos, respaldan esta conclusión. Morris y Ekasingh (2002) también sugieren facilitar el acceso al germoplasma público como una forma de incentivo a la I&D del sector privado.

Los costos de investigación privados se pueden reducir aún más mediante alianzas estratégicas que hagan uso de la moderada capacidad en biotecnología existente a nivel nacional. Esta capacidad local ayuda a la empresa multinacional a evitar algunos de los costos fijos tales como edificios de laboratorios, equipos y personal especializado. Al mismo tiempo, las instituciones nacionales se beneficiarían de la transferencia tecnológica desde la empresa especializada.

Otros arreglos potenciales incluyen las licencias regionales y las redes de colaboración institucional que distribuyan los costos fijos de investigación de los sectores público y privado en un mercado regional más amplio. Las variedades de arroz desarrolladas en Uruguay, por ejemplo, son fácilmente adaptables a las condiciones de siembra de arroz con riego del sur de Brasil, incrementando el mercado potencial de la multinacional en más de 1 millón de hectáreas. Hasta la fecha, los acuerdos de partes entre los sistemas de investigación agrícola de los países en desarrollo y las

empresas privadas de biotecnología se han concentrado alrededor de cultivos de subsistencia, donde los beneficios privados no están en riesgo (Qaim, 2001). Sin embargo, existen algunos ejemplos de colaboración regional en cultivos comerciales. Por ejemplo, el acuerdo existente entre institutos de investigación de cinco países asiáticos, el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agro-Biotecnológicas (ISAAA) y Monsanto para la creación de una variedad de papaya resistente a virus para las condiciones del Sudeste de Asia (Flasinski y otros, 2002). Para que dichos acuerdos interregionales operen efectivamente, deben antes resolverse algunos temas claves como la armonización y el gerenciamiento de los sistemas de protección intelectual entre los distintos países y la subsiguiente distribución de los beneficios obtenidos a partir de tecnologías apropiables. La dimensión de estos temas confirma que la definición de políticas apropiadas en biotecnología constituye un desafío estratégico para los países en desarrollo de dimensión económica reducida.

REFERENCIAS

Abó, J.I. 2003. "Uruguay Natural: produce transgénicos?". Revista de la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA) Nº 34. URL: http://www.aca.com.uy/publicaciones/revista_34_transgenicos.htm.

ACA (Asociación Cultivadores de Arroz). 2003a. "Evolución del área sembrada de arroz. Datos estadísticos." URL: http://www.aca.com.uy/datos_estadisticos/index_estadisticos.htm

ACA (Asociación Cultivadores de Arroz). 2003b. "Cuánto cuesta sembrar una chacra de arroz?". URL: http://www.aca.com.uy/publicaciones/rev_32_cuanto_cuesta_sembrar.htm.

ACA (Asociación Cultivadores de Arroz). 2003c. "Costo del cultivo de arroz." URL: http://www.aca.com.uy/publicaciones/revista_36_costo_cultivo.htm

Allegri, M. 2002. "Partnership of Producer and Government Financing to Reform Agricultural Research in Uruguay." En: Byerlee, D., y R. Echeverría (Eds.). Agricultural Research in an Era of Privatization. CABI Publishing, New York, NY. pp. 105-121.

Alston, J.M., Norton, G.W. y Pardey, P.G. 1995. Science under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting. Cornell University Press, Ithaca, NY. 585 p.

Alston, J. M., Sexton, R.J. y Zhang, M. 1997. "The effects of imperfect competition on the size and distribution of research benefits." American Journal of Agricultural Economics, 79 (5): 1252-1265.

Annou, M.M., Wailes, E.J. y Cramer, G.L. 2000. "Economic Analysis of Adopting Liberty Link Rice (Special Article)". Rice Situation and Outlook, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington DC.

Barham, B.L., Foltz, J.D., Jackson-Smith, D. y Moon, S. 2004. "The dynamics of agricultural biotechnology adoption: lessons from rBST use in Wisconsin, 1994-2001." American Journal of Agricultural Economics, 86 (1): 61-72.

Byerlee, D., y Fischer, K. 2000. "Accessing Modern Science: Policy and Institutional Options for Agricultural Biotechnology in Developing Countries." AKIS Discussion Paper, The World Bank.

Carpenter, J.E., y Gianessi, L.P. 1999. "Herbicide Tolerant Soybeans: Why Growers Are Adopting Roundup-ready Varieties?." AgBioforum, 2: 65-72.

Chavas, J.P., y Cox, T.L. 1995. "On Non-parametric Supply Response Analysis." American Journal of Agricultural Economics, 77 (1): 80-92.

Couvillion, W.C., Kari, F., Hudson, D, y Allen, A. 2000. "A Preliminary Economic Assessment of Roundup Ready Soybeans in Mississippi." Research Report 2000-005, Department of Agricultural Economics, Mississippi State University.

DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2000. "Censo General Agropecuario 2000." Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay : Montevideo, Uruguay.

DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2003. "Encuesta Arrocera Zafra 2002/2003." Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay : Montevideo, Uruguay.

Echeverría, R.G., Ferreira, G. y Dabezies, M. 1991. "Retornos a la Inversión en Generación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en el Uruguay: el Caso del Arroz." ISNAR Staff Notes 89-50(s), The Hague, The Netherlands.

Falck-Zepeda, J.B., Traxler, G. y Nelson, R.G. 2000. "Surplus distribution from the introduction of a biotechnology innovation." American Journal of Agricultural Economics, 82 (2): 360-369.

Flasinski, S., Aquino, V.M., Hautea, R.A., Kaniewski, W.K., Lam, N.D., Ong, C.A., Pillai, V. y Romyanon, K. 2002. "Value of Engineered Virus Resistance in Crop Plants and Technology Cooperation with Developing Countries." En: Evenson R.E., V. Santaniello y D. Zilberman (Eds.), Economic and Social Issues in Agricultural Biotechnology. CABI Publishing, New York, NY, pp. 251-268.

Gianessi, L.P., Silvers, C.S. , Sankula, S. y Carpenter, J.E. 2002. "Herbicide Tolerant Rice." En: "Plant Biotechnology: Current and Potential Impact for Improving Pest Management in US Agriculture. An Analysis of 40 Case Studies." National Center for Food and Agricultural Policy, Washington, DC.

Huang, J., Hu, R., Pray, C., Qiao, F. y Rozelle, S. 2003. "Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: a case study of Bt cotton in China." Agricultural Economics, 29 (1): 55-67.

Hubbell B.J., Marra, M.C. y Carlson, G.A. 2000. "Estimating the demand for a new technology: Bt cotton and insecticide policies." American Journal of Agricultural Economics, 82 (1): 118-132.

INASE (Instituto Nacional de Semillas). 2004. Organismos Vegetales Genéticamente Modificados: Normas y Trámites. URL: http://www.inase.org.uy/OGMs.htm

James, C. 2004. "Preview: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2004." Executive Summary. ISAAA Briefs Nº 32, Ithaca, NY.

Mills, B.F. 1997. "Ex-ante agricultural research evaluation with site specific technology generation: the case of sorghum in Kenya." Agricultural Economics, 16 (2): 125-138.

Morgan, M.G. y Henrion, M. 1990. Uncertainty: a Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis. Cambridge University Press, New York, NY, 332 pp.

Morris, M. y Ekasingh, B. 2002. "Plant Breeding Research in Developing Countries: What Roles for the Public and Private Sectors?." En: Byerlee, D., y R. Echeverría (Eds.), Agricultural Research in an Era of Privatization. CABI Publishing, New York, NY, pp. 199-225.

Moschini, G. y Lapan, H. 1997. "Intellectual property rights and the welfare effects of agricultural R&D." American Journal of Agricultural Economics, 79 (1): 131-142.

Oard, J.H., Linscombe, S.D., Braverman, M.P., Jodari, F., Blouin, D.C., Leech, M., Kohle, A. y Vain, P. 1996. "Development, field evaluation and agronomic performance of transgenic herbicide resistant rice." Molecular Breeding, 2 (4) : 359-368.

Penna, J.A. y Lema, D. 2003. "Adoption of Herbicide Tolerant Soybeans in Argentina: an Economic Analysis." En: Kalaitzandonakes, N.G (Ed.), The Economic and Environmental Impacts of Agbiotech: a Global Perspective. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, NY, pp. 203-220.

Pingali, P.L., y Traxler, G. 2002. "Changing locus of agricultural research: will the poor benefit from biotechnology and privatization trends?." Food Policy, 27 (3): 223-238.

Pray, C. 2002. "The Growing Role of the Private Sector in Agricultural Research." En: Byerlee, D., y R. Echeverría (Eds.), Agricultural Research in an Era of Privatization. CABI Publishing, New York, NY, pp. 35-50.

Qaim, M. 2001. "A prospective evaluation of biotechnology in semi-subsistence agriculture." Agricultural Economics 25 (2-3): 165-175.

Qaim, M., y De Janvry, A. 2003. "Genetically modified crops, corporate pricing strategies, and farmers' adoption: the case of Bt cotton in Argentina." American Journal of Agricultural Economics, 85 (3): 814-828.

Qaim, M., y Traxler, G. 2005. "Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects." Agricultural Economics, 32 (1): 73-86.

Rao, J. M. 1989. "Agricultural supply response: a survey." Agricultural Economics, 3 (1): 1-22.

Revista Arroz. 1999. "Informe especial: el enorme esfuerzo que significa producir. " Revista de la Asociación de Cultivadores de Arroz, Año 5, Nº 20. Montevideo, Uruguay, pp.8-9.

Risso, D. y Sanguinetti, G. (comunicación personal). Abril 2005. Instituto Nacional de Semillas (INASE). Canelones, Uruguay.

Saha, A., Love, H.A. y Schwart, R. 1994. "Adoption of emerging technologies under output uncertainty." American Journal of Agricultural Economics, 76 (3) : 836-846.

Saint Louis Today, Enero 20, 2004. "Piracy Impels Monsanto to Suspend Seed Sales to Argentina." URL: http://www.stltoday.com/

Salgado, L. 2003. "Cultivo de Arroz: Situación Actual y Perspectivas." Anuario 2003. Oficina de Programación y Políticas Agropecuarias, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo, Uruguay.

Tsakok, I. 1990. Agricultural Price Policy: a Practitioner's Guide to Partial-equilibrium Analysis. Cornell University Press, Ithaca, NY, 305 pp.

Zorrilla, G. (formulario de encuesta y comunicación personal). 2001. "Tasas esperadas de adopción de variedades de arroz en Uruguay." Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Treinta y Tres, Uruguay.

Impreso en Mayo de 2006 en
PRONTOGRAFICA S.A.
Cerro Largo 850 - Tel.: 902 31 72
E-mail: pgrafica@adinet.com.uy
Depósito Legal 338.967/06