

## Transgénicos en el cultivo de arroz: implicancias económicas de su adopción en Uruguay

García, Federico<sup>1</sup>; Lanfranco, Bruno<sup>2</sup>; Hareau, Guy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ciencias Sociales, Facultad de Agronomía.*

<sup>2</sup>*Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Estación Experimental «Wilson Ferreira Aldunate» INIA-Las Brujas. Ruta 48 Km 10. Rincón del Colorado. Canelones 90200, Uruguay.*

*Correo electrónico: bruno@inia.org.uy*

<sup>3</sup>*Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.*

Recibido: 24/8/09 Aceptado: 8/7/10

### Resumen

Desde que surgió la posibilidad de incorporación de eventos transgénicos en el cultivo de arroz, el sector arrocero uruguayo ha manifestado una posición contraria a los mismos. Este trabajo busca aportar elementos cuantitativos para la identificación de posibles trayectorias tecnológicas para el complejo arrocero en Uruguay, frente a esta nueva realidad. El impacto potencial del cambio técnico generado por la aparición de variedades transgénicas en arroz se evaluó utilizando un modelo de equilibrio general computable, aplicado al comercio internacional. El shock tecnológico sobre la economía en su conjunto y los patrones de comercio fue simulado para 12 regiones, 8 sectores y 5 factores de producción. Se evaluaron 4 escenarios para reflejar posibles modificaciones en las preferencias de los consumidores frente a la comercialización de variedades GM. Se revisaron las interrelaciones de los agentes con otros sectores de la economía y otros países, estimándose la magnitud y dirección del impacto ocasionado, a través del concepto de variación equivalente (VE). Los resultados sugieren que la adopción de arroz GM en Uruguay conllevaría una pérdida de bienestar en este país, por cambios en los patrones de consumo en los países importadores. El impacto real podría ser mayor aún al estimado debido a que la participación de la UE como destino para el arroz uruguayo se ha incrementado sustancialmente en los últimos años. Sin embargo, la potencial liberación comercial de arroz resistente a herbicidas en Brasil abre un nuevo escenario y genera interrogantes sobre la sostenibilidad de la posición uruguaya a largo plazo.

Palabras clave: GTAP, cambio técnico, equilibrio general, comercio, variación equivalente

### Summary

## Transgenic Rice Crops: Economic Implications of its Adoption in Uruguay

Since the possibility of incorporating transgenic events in rice crops emerged, the Uruguayan rice sector has stated a position contrary to GMO. This article attempts to provide quantitative elements for identifying potential technological trajectories for the rice complex in Uruguay, facing this new reality. The potential impact of the technical change generated by the emergence of transgenic varieties in rice was evaluated using a general equilibrium model applied to international trade. The technological shock on the economy as a whole and on international trade patterns was simulated for 12 regions, 8 sectors, and 5 production factors. The study assessed 4 scenarios to reflect changes in consumer preferences facing GM varieties in the market. The relations-

hips between agents with other sectors of the economy and other countries were reviewed, estimating the magnitude and direction of the impact, through the concept of equivalent variation (EV). The findings of this research suggest that the adoption of GM rice in Uruguay produces a welfare loss in the country, due to changes in consumption patterns of consumers in importing countries. Moreover, since the EU became an important destination for Uruguayan rice in recent years, the real impact could be even higher than the impact estimated in this study. However, the potential release of the first commercial GM herbicide-resistant rice variety in Brazil opens a new scenario, raising questions about the sustainability of the Uruguayan position in the long run.

**Key Words:** GTAP, technical change, general equilibrium, trade, equivalent variation

## Introducción

La producción de arroz en Uruguay se encuentra íntimamente vinculada a los mercados internacionales. A su vez, los agentes del sector arrocerero están altamente involucrados en el complejo productivo, existiendo un grado de coordinación muy importante entre productores e industria para la toma de decisiones productivas. Esto se refleja en el alto grado de adopción de tecnología en la cadena y en la posición monolítica que mantiene respecto a los usos de organismos genéticamente modificados en este cultivo. En este contexto, el presente artículo analiza el impacto potencial de una eventual introducción de variedades transgénicas en el cultivo de arroz. Los cambios en los sistemas de producción son analizados en relación a los impactos que potencialmente se originan en los mercados de destino.

El sector arrocerero produjo, en la zafra 2007/08, 1,3 millones de toneladas con un rendimiento promedio de 7,9 t ha<sup>-1</sup>. Más del 90 % de la producción es exportada, por lo que los cambios tecnológicos adoptados o que potencialmente se puedan introducir en el sector deben evaluarse a través del impacto sobre la economía en su conjunto y sobre el comercio internacional.

La adopción de organismos genéticamente modificados (OGM) ha sido controvertida, lo que ha llevado a discutir su impacto en la producción y la economía en su conjunto. Mientras algunos trabajos sostienen que la adopción de OGM produce ga-

nancias para los agricultores, derivadas de incrementos de rendimiento o reducción de costos (Anderson *et al.*, 2004), otros han sugerido que la adopción de OGM no redundará en beneficios para los países en desarrollo, debido a que estos serán capturados por parte de las empresas de biotecnología (Anderson y Jackson, 2006).

Desde la aparición de los eventos transgénicos en la agricultura y, en especial, desde que surgió la posibilidad de la incorporación de eventos transgénicos en el cultivo de arroz, el sector arrocerero uruguayo ha mostrado una posición contraria a los mismos. Si bien al momento de la realización de este trabajo aún no hay variedades transgénicas de arroz comercialmente disponibles<sup>1</sup>, debería evaluarse su eventual adopción, a los efectos de estimar las potenciales pérdidas económicas derivadas de su rechazo en algunos mercados internacionales como Europa.

Este trabajo aporta elementos cuantitativos, desde la perspectiva de la disciplina económica, para la definición de posibles trayectorias tecnológicas a ser desarrolladas por parte del sector arrocerero y de la investigación. Para esto, se evaluó el impacto potencial del cambio técnico considerando la economía en su conjunto y el sector arrocerero en particular, utilizando un *modelo de equilibrio general computable* (MEGC) aplicado al comercio. Esto permitió evaluar las posibles consecuencias derivadas de la ocurrencia de shocks tecnológicos sobre la economía y sobre los patrones de comercio de un país.

<sup>1</sup>El 18 de marzo de 2009 se llevó a cabo en Brasilia la audiencia pública promovida por la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio) a fin de discutir la solicitud de autorización formulada por la empresa Bayer CropScience, para la liberación comercial de la variedad Bayer LL62, en Brasil. Dicha variedad ha sido genéticamente modificada para ofrecer resistencia al glufosinato de amonio, mediante la introducción de una secuencia de genes proveniente de una bacteria. El proceso debía culminar durante el segundo semestre de 2009 pero el tema aún no ha sido dilucidado. La CTNBio retomó el debate en mayo de 2010 a través de «mesas de discusión técnica» en las que se busca aportar nueva luz a la discusión, frente al escepticismo de los grupos ambientalistas como Greenpeace. De concederse finalmente dicha autorización, Brasil se convertiría en el primer país del mundo en plantar arroz transgénico a nivel comercial.

El trabajo no se enfocó particularmente en la coyuntura del sector. Por el contrario, se situó desde una mirada más amplia de la economía, revisando interrelaciones de los agentes con otros sectores y otros países. Se buscó estimar la magnitud y dirección del impacto que podría ocasionar la adopción de tecnología a nivel global. El problema tiene múltiples niveles y dimensiones de análisis: biológicos, productivos, sociales (entre los que se encuentran los económicos), políticos. En este análisis, el problema se centró en el plano económico sin desconocer que la toma de decisiones considera otros aspectos.

## Materiales y métodos

### El Equilibrio General

La teoría del equilibrio general es la base sobre la cual se desarrollan los modelos de equilibrio general aplicados, como es el caso del *Global Trade Analysis Project* (GTAP). Varian (1992) destacó que la teoría del equilibrio general se enfoca en analizar cómo los bienes son asignados entre los diferentes agentes de la economía, de acuerdo a sus precios relativos. Un modelo de equilibrio general es aquel en el que todos los mercados se vacían, es decir, la demanda excedentaria se hace cero (Shoven y Whalley, 1984). Según otro estudio de los mismos autores publicado en 1992, los consumidores maximizan su utilidad de acuerdo a su restricción presupuestal mientras que los productores maximizan el beneficio. Estas dos maximizaciones permiten especificar la demanda y la producción. Los precios de equilibrio son aquellos que permiten que el equilibrio en el mercado se mantenga estable. La oferta y la demanda se igualan para todos los productos y, en el caso de retornos constantes a escala, se satisface la condición de beneficio cero para cada industria.

Se parte del supuesto de que hay  $N$  productos cuyos precios son no negativos,  $p_n \geq 0$  para  $n = 1, \dots, N$ . El vector de precios de mercado es  $\mathbf{p} = p_1, \dots, p_N$ . La dotación de  $n$  productos adquiridos por los consumidores es representada por el término  $w_n$ , que debe ser estrictamente positivo al menos para uno de ellos. Las funciones de demanda de mercado son no ne-

gativas, continuas y homogéneas de grado cero en  $\mathbf{p}$  y se representan por  $\xi_n(\mathbf{p})$ . Esto significa que una variación proporcional de todos los precios y del ingreso mantiene las cantidades físicas inalteradas. A su vez, los precios pueden ser normalizados de forma que  $\sum_{n=1}^N p_n = 1$ .

Un supuesto importante a ser satisfecho por un modelo de equilibrio general es que la demanda de mercado satisface la *ley de Walras*, según la cual, la demanda evaluada a precios de mercado debe igualar al valor de la dotación de la economía. Esto es,

$$\sum_{n=1}^N p_n \xi_n(\mathbf{p}) = \sum_{n=1}^N p_n w_n, \quad (1)$$

o lo que es lo mismo, que el valor de mercado del exceso de demanda es igual a cero para todos los precios  $p_n$ ,

$$\sum_{n=1}^N p_n (\xi_n(\mathbf{p}) - w_n) = 0 \quad (2)$$

Esta condición debe cumplirse para cualquier vector de precios, sea éste un vector de equilibrio o no. Cuando se incluye la producción, cada actividad se describe por un coeficiente  $a_{nk}$  que indica el uso del bien  $n$  en la actividad  $k$ . Un signo negativo indica que se trata de un insumo en tanto que si es positivo se trata de un producto. El vector  $\mathbf{x} = x_1, \dots, x_K$  indica el nivel de intensidad de la operación asociada con cada actividad y  $x_k \geq 0$ . A su vez, la producción está limitada. A partir de insumos acotados no se puede obtener un nivel de producto infinito. O sea que  $\mathbf{x}$  es tal que se cumple:

$$\sum_{k=1}^K a_{nk} x_k + w_n \geq 0, \quad \text{para todo } n = 1, \dots, N. \quad (3)$$

En este sistema, el equilibrio general es un conjunto de precios  $\mathbf{p}^*$  tal que la demanda iguala a la oferta,

$$\xi_n(\mathbf{p}^*) = \sum_{k=1}^K a_{nk} x_k^* + w_n, \quad \text{para todo } n = 1, \dots, N; \quad (4)$$

y ninguna actividad productiva da beneficios positivos,

$$\sum_{n=1}^N p_n^* a_{nk} \leq 0, \quad (= 0 \text{ si } x_k^* > 0)$$

para todo  $k = 1, \dots, K$ . (5)

#### Implicancias de la adopción de transgénicos

La incorporación de variedades transgénicas a un determinado cultivo tiene varias implicancias desde el punto de vista económico. En el caso específico del cultivo de arroz se consideran tres aspectos entorno a su adopción: la posición europea, la posición de los consumidores y la coexistencia y etiquetado de productos OGM.

¿Qué posibilidades tiene un país pequeño y en desarrollo de participar en el diseño y desarrollo de variedades transgénicas? Al respecto, Anderson y Jackson (2006) presentaron tres argumentos por los que la aparición de los transgénicos no redundaría en beneficio de los países en desarrollo. El primer argumento es que hay solo un pequeño número de empresas de biotecnología con la suficiente capacidad para desarrollar las variedades transgénicas como para capturar los beneficios de esta innovación. Un segundo argumento refiere a que estas empresas no encuentran incentivos para invertir en países en desarrollo ya que los beneficios en los mismos son pequeños por lo reducido del tamaño del mercado y tienen sistemas de protección para los derechos de propiedad intelectual en general poco efectivos, así como mercados de semillas pequeños. El tercer aspecto, es la posición contraria de Europa y otros mercados que alegan motivos vinculados a los eventuales efectos sobre el medio ambiente y a la seguridad alimentaria.

En mayo de 2004, la Unión Europea (UE) sustituyó la moratoria para transgénicos vigente hasta ese momento por una nueva regulación, que incluye complejos y onerosos requerimientos de segregación, preservación de identidad y etiquetado, que la tornan al menos tan restrictiva para el comercio como la moratoria anterior. Anderson y Jackson (2006) sugirieron que la UE podría obtener beneficios, en términos de bienestar, si permitiera la adop-

ción e importación de cultivos OGM, debido a los potenciales aumentos de productividad en sus propios cultivos y a la reducción de costos en los granos importados. Por su parte, Evenson (2006) señaló que «la mayor parte de los países de la UE obtendría poco o ningún beneficio de la reducción de costos que los cultivos OGM actualmente en el mercado introducen. Esto se debe a que no producen algodón y tienen muy poca área de canola, soja y arroz. El único cultivo que se produce en un área relevante es el maíz. Por tanto, aún con un 80 % de adopción de cultivos OGM, la reducción de costos sería de 1-2 %».

La posición de los consumidores ha sido objeto de atención, sobre todo en aquellos países de mayor poder adquisitivo. En la UE, la posición ha sido crítica frente a los OGM y se ha hecho hincapié en el etiquetado del producto. El hecho de que los OGM hayan sido generados desde la oferta también explica la reacción negativa de los consumidores (Gifford *et al.*, 2005). Lapan y Moschini (2004) argumentaron que, al menos en apariencia, los productos GM son «débilmente inferiores» en calidad a los no-GM. Esto significa que, para algunos consumidores, los alimentos elaborados con productos GM son, como mucho, equivalentes a los no-GM, en tanto otros consideran que los no-GM son estrictamente superiores. Si el producto superior no puede ser distinguido del considerado inferior el equilibrio que surge en este mercado tendrá una alta proporción del bien de baja calidad, tal como señalara Akerlof (1970).

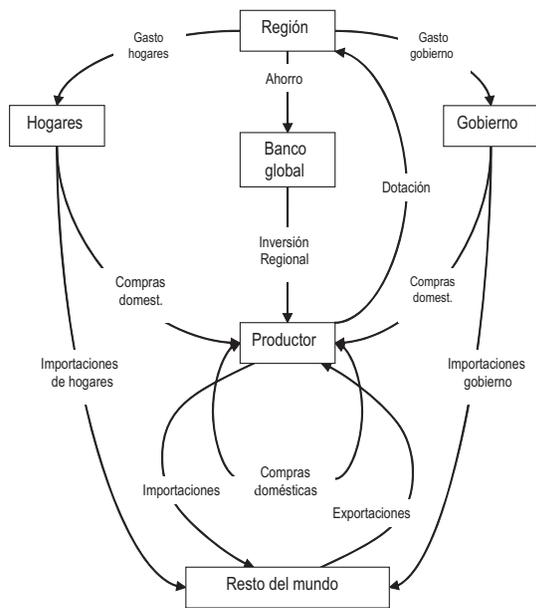
El etiquetado de los productos GM puede solucionar en parte este problema, preservando el derecho a elegir de los consumidores. Pero es importante distinguir entre la información contenida en la etiqueta y el costo requerido para verificar la información que es relevante para el consumidor. Aún cuando los alimentos no-GM no tengan que ser etiquetados, persiste el costo de tener un sistema de trazabilidad que asegure la veracidad implícita de ser no-GM por no tener etiqueta.

La eventual incorporación de variedades transgénicas genera un problema de coexistencia con las variedades convencionales, si la adopción no es total. Según Falck-Zepeda (2006), la coexistencia refiere a un sistema de producción que permita el cul-

tivo de OGM, la agricultura orgánica y la convencional<sup>2</sup>. Es definida como la habilidad de los productores de hacer una elección práctica entre cultivos convencionales, orgánicos o genéticamente modificados, de acuerdo a las normas legales para el etiquetado y los estándares de pureza.

**El modelo empírico**

Para el diseño del modelo de equilibrio general utilizado en este análisis se utilizó el *Global Trade Analysis Project* (GTAP) desarrollado por Hertel (1997). El GTAP permite trabajar con un máximo de 113 regiones, 57 sectores y 5 factores de producción. En la Figura 1 se presenta un esquema básico acerca del funcionamiento de la economía en este modelo.



**Figura 1.** Instituciones del modelo GTAP y flujo de pagos para una economía abierta multiregión. Fuente: Hertel (1997).

La economía regional se compone de una unidad económica regional u hogar regional (Región), que está determinada de acuerdo a una función de utilidad que asigna los gastos en tres categorías: los hogares, el gobierno y el ahorro. La utilización de

una función de utilidad regional permite medir, sin ambigüedades, el bienestar de la región.

Dado que el modelo no considera la presencia de impuestos, la única fuente de ingresos del hogar regional proviene de la venta de la dotación de recursos a los productores. Esto se representa por el flujo 'dotación' que muestra el pago de las firmas por el uso de la dotación de recursos del hogar regional. Este ingreso de la economía regional es utilizado para el consumo de los hogares y del gobierno, destinándose otra parte al ahorro de la economía. Los productores utilizan los recursos comprados a los hogares y el capital que proviene del ahorro (inversión) para producir. A su vez y como parte del proceso productivo, utilizan productos elaborados por otras firmas (insumos intermedios), tanto comprados a nivel doméstico como importados.

Los productores reciben ingresos por la venta de sus productos a otras firmas como insumos intermedios, de la venta a los hogares y al gobierno y de las exportaciones. La economía extranjera (Resto del Mundo) tiene una estructura igual a la doméstica pero se omite por simplicidad. El modelo admite hasta 113 regiones, lo cual es imposible de representar en un diagrama. Las importaciones se destinan no solo a las firmas como insumos intermedios, sino también al consumo final de los hogares y el gobierno.

La economía abierta requiere de dos sectores globales. Uno de ellos es el «banco global» que permite combinar el ahorro global y la inversión regional. Este sector permite modelar los flujos de capital entre las distintas economías. Opera ofreciendo un portafolio de inversiones regionales y vendiendo participaciones en dicho portafolio a los hogares regionales, de forma que estos coloquen sus ahorros. El otro sector global es «transporte y costos de comercio». Este sector permite el cierre del modelo entre los precios de exportación FOB y los de importación CIF.

Un supuesto básico del modelo es que la economía opera bajo condiciones de competencia perfecta. Es decir que el beneficio de la empresa, ingresos menos costos, es cero. La remuneración de los factores de producción está considerada dentro de los costos.

<sup>2</sup>Coexistencia no implica la existencia de las tres formas de producción simultáneamente, sino que refiere que se permita la existencia conjunta de al menos dos de ellas.

Para poder modelar los efectos de una alternativa tecnológica, como ser la utilización de arroz GM, es necesario modificar las preferencias de los consumidores en el desarrollo original de GTAP. En este trabajo, se consideró que los efectos del uso de arroz GM son «inducidos» por las eventuales restricciones comerciales derivadas del comportamiento de los consumidores, las cuales debieron ser incorporadas al modelo.

Para modelar las preferencias de los consumidores de acuerdo a esta situación, se siguió inicialmente a Nielsen y Anderson (2000). Estos autores introdujeron una modificación en la preferencia por los productos importados a favor de los productos domésticos. Dicha modificación en las preferencias se realizó agregando una variable en la relación de comportamiento de los productores y consumidores (Horridge, 2008). El modelo GTAP tiene un conjunto de ecuaciones que describen la demanda individual del sector productor para insumos intermedios nacionales e importados respectivamente. Este conjunto de ecuaciones se presenta a continuación,

$$qf_{ijs} = qf_{ijs}^* - \sigma_i \times (pfm_{ijs} - pf_{ijs}^*) + ffm_{ijs} \quad (6)$$

$$qfd_{ijs} = qf_{ijs}^* - \sigma_i \times (pfd_{ijs} - pf_{ijs}^*) + ffd_{ijs} \quad (7)$$

$$pf_{ijs}^* = FMSHR_{ijs} \times pfm_{ijs} + (1 - FMSHR_{ijs}) \times pfd_{ijs} \quad (8)$$

La ecuación (6) muestra el uso de un insumo intermedio  $i$  en el sector  $j$  de la región  $s$  cuando este bien es importado. La ecuación (7) muestra el caso de un insumo intermedio de origen doméstico. En las ecuaciones (6) y (7) se agregó una variable que modifica las preferencias,  $ffm_{ijs}$  y  $ffd_{ijs}$ , respectivamente. Estas dos variables representan el cambio en las preferencias por los productos importados en favor de los domésticos, provocado por la introducción de un OGM en el mercado internacional. La variable  $ffm_{ijs}$  se incorporó en forma aditiva en el lado derecho de la ecuación (6); la variable  $ffd_{ijs}$  fue introducida de la misma forma en la ecuación (7).

Las demandas se determinan inicialmente por la demanda total de insumos intermedios,  $qf_{ijs}^*$ , independientemente de su origen. Este término, el primero en ambas ecuaciones, se identifica como el efecto expansión. A continuación aparece un efecto

sustitución que muestra como se reparte la demanda entre los productos domésticos e importados. Este efecto tiene dos partes, una es la elasticidad de sustitución,  $\sigma_i$ , por determinado insumo; el otro, es la diferencia entre el precio del insumo importado,  $pfm_{ijs}$  y el precio del insumo compuesto,  $pf_{ijs}^*$ . Lo mismo ocurre para el bien doméstico, en la ecuación (7). La ecuación (8) ilustra cómo se determina el precio del insumo intermedio compuesto,  $pf_{ijs}^*$ , dado por la ponderación de los precios de los insumos domésticos ( $pfd_{ijs}$ ) e importados ( $pfm_{ijs}$ ), de acuerdo a la proporción del producto importado en el uso total del insumo  $i$  en la producción del bien  $j$  en la región  $s$ , expresado por  $FMSHR_{ijs}$ . Estas ecuaciones describen cambios relativos, es decir, muestran los cambios relativos de la demanda y de los precios de los insumos intermedios por parte de determinado sector.

Para permitir el cierre del modelo, se creó una variable denominada  $domTwistInt_{ijs}$  que refleja la preferencia por insumos intermedios domésticos como un cambio en la razón doméstico/importado. Esta variable se incorporó a través de las ecuaciones (9) y (10) que son las que se utilizan para sustituir a las variables  $ffm_{ijs}$  y  $ffd_{ijs}$ .

$$E\_ffd(i, j, s) = FMSHR(i, j, s) \times domTwistInt(i, j, s) \quad (9)$$

$$E\_ffm(i, j, s) = [FMSHR(i, j, s) - 1] \times domTwistInt(i, j, s) \quad (10)$$

Por lo tanto, si se aplica un cambio del orden de 10 % a  $domTwistInt_{ijs}$ , se produce un incremento en el uso del insumo intermedio de origen doméstico ponderado por la proporción de importaciones y se reduce en forma complementaria la magnitud de uso del importado. De esta manera, el uso del insumo intermedio cambia en un 10 % global hacia el doméstico.

Esta modelación de preferencias permite simular un cambio a favor de los insumos intermedios domésticos pero sin discriminar el origen del insumo importado que se sustituye. El supuesto es que en caso de adoptarse el uso de variedades transgénicas podría haber un cambio neto negativo en las preferencias por el arroz uruguayo en algunos destinos, lo cual determinaría una pérdida para el sector productivo uruguayo.

La modificación realizada en esta forma no lograría recoger el supuesto realizado dado que no per-

mite discriminar por origen. El modelo se completó realizando una apertura en dos de los sectores originales en la base del GTAP, a saber: *arroz paddy*, que representa el arroz con cáscara, sin procesar y *arroz procesado*, con destino al consumo final. Así, el *arroz paddy* se desagregó en dos sectores: *Uruguay* y *Resto del Mundo*. El sector *arroz procesado* se abrió de la misma forma. De esta manera, la nueva variable incorporada afectó las cantidades utilizadas de un determinado insumo de forma tal que, en un país y sector determinado, pueda preferirse el insumo doméstico frente al importado.

Las 113 regiones que aparecen en el modelo original de GTAP fueron condensadas en 12, cuya proyección de producción, consumo y comercio del cereal, para el año 2010, se presenta en el Cuadro 1. De la misma manera, los 57 sectores originales fueron agrupados en 8: *arroz paddy*, *arroz procesado*, *agricultura y alimentos*, *forestación y pesca*, *carnes y animales vivos*, *manufacturas*, *industria química y servicios*. Por su parte, los factores productivos considerados son 5: *tierra*, *mano de obra no calificada*, *mano de obra calificada*, *capital* y *recursos naturales*.

#### Simulación de preferencias e impacto de los OGM

Las modificaciones introducidas permitieron modelar una situación de rechazo al arroz producido en Uruguay, derivado de una eventual adopción de transgénicos. La pérdida de ventajas comerciales por la adopción de transgénicos se simuló a través de un cambio en las preferencias de los consumidores. A los efectos del análisis, se adoptó el supuesto de que la Unión Europea (UE) y Brasil serían los mercados que adoptarían una actitud de negativa a este tipo de producto.

Para la UE, este supuesto se sustenta en la posición contraria de esta región a los transgénicos, la cual se encuentra debidamente expresada en la literatura internacional. La inclusión de Brasil se realizó a pesar de estar en marcha un proceso judicial de solicitud de autorización del primer evento transgénico para el cultivo de arroz, a nivel comercial, en ese país. De todas formas, debido a la importancia de este mercado para Uruguay y el peso que tiene en el modelo la simulación de un cambio de preferencias, la inclusión de Brasil en la postura contraria a los OGM ayuda a comprender mejor los posibles impactos de la adopción de esta tecnología.

Cuadro 1. Proyecciones de consumo, producción y comercio por región, en miles de toneladas métricas equivalente cáscara (*paddy*), para el año calendario 2010.

País	Consumo	Producción	Exportaciones	Importaciones
Brasil	12.500	11.497	500	1.200
Uruguay	40	1.120	1.000	1
NAFTA	8.045	10.585	4.430	1.791
Resto de América	14.320	12.035	1,079	1.640
China	200.746	204.478	1.960	1.378
Japón	12.239	10.562	200	759
Tailandia	14.328	30.299	11.755	30
Resto de Asia	349.091	348.527	21.555	12.640
Irán	5.224	3.056	1	1.438
África	35.610	23.812	1.830	7.593
Europa	4.627	2.961	2.034	2.022
Resto del Mundo	1.230	1.068	657	16.509
<b>Total</b>	<b>658.000</b>	<b>660.000</b>	<b>47.000</b>	<b>47.000</b>

NAFTA incluye Estados Unidos, Canadá y México; Resto de América incluye América del Sur, Central y Caribe, excluyendo Brasil y México; Europa incluye EU-27, Suiza, Noruega, Turquía y Europa del Este, (excepto la ex URSS). Resto de Asia incluye todos los países de Asia excepto Irán, China, Japón, Tailandia y los países de la ex URSS. Resto del Mundo incluye a los países de la ex URSS (Rusia, Bielorrusia, Ucrania, Kazajistán, Azerbaiján, Armenia, Georgia, etc.), Australia, Nueva Zelanda y resto de Oceanía).

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAOSTAT, USDA-FAS y estadísticas oficiales de los países.

En el modelo de GTAP, cuando un producto es homogéneo para todas las regiones, éste es modelado como un sustituto imperfecto de acuerdo al origen. Es decir, el consumidor no es indiferente al origen y no sustituye en forma completa un producto de una región determinada por el mismo producto proveniente de otra región. Esta forma de modelar las preferencias por un producto según su origen se conoce como preferencias de *Armington*. Una consecuencia de los cambios introducidos al modelo en este estudio es que, al separar el sector arroz en dos, uno para el Uruguay y otro para el resto del mundo, el modelo los considera ya no como un producto homogéneo que difiere en su origen sino como si fueran dos productos diferentes.

## Resultados y discusión

### Escenarios modelados

El diseño de los experimentos se realizó buscando simular el impacto de un cambio en las preferencias dado por la adopción de arroz OGM en las dos regiones analizadas. A su vez, se presenta un escenario que intentó simular el grado de incremento productivo necesario para compensar la pérdida surgida de la reacción negativa de los consumidores. En el Cuadro 2 se definen los cuatro escenarios de shock considerados en este estudio sobre los dos tipos de arroz uruguayo, *paddy* o cáscara (pdruy) y procesado (pcruy). El escenario 1 asumió un mismo grado de reacción de los consumidores (100%) en Brasil y en la UE. El escenario 2, por el contrario,

consideró una reacción mucho más fuerte en Europa. El escenario 3 asumió que la reacción negativa de los consumidores se produciría solamente en la UE, en tanto que el escenario 4 se construyó en forma idéntica al 3 pero considerando, adicionalmente, un incremento en la productividad.

El resultado general de la simulación fue expresado a través del cambio producido en los niveles de bienestar, medido a través de la variación equivalente (*VE*), definida ésta como la variación porcentual en la utilidad por el ingreso inicial de la región (Hertel, 1997). En términos teóricos, la *VE* es la variación en la utilidad que se produce como consecuencia del cambio de precios  $p'$  e ingresos  $m'$ , evaluada a los precios originales  $p^0$  (Varian, 1992):

$$VE = \mu(p^0; p', m') - \mu(p^0; p^0, m^0)$$

Los modelos estimados mediante GTAP se caracterizan por utilizar una base de datos global que incluye una matriz de contabilidad social (*SAM - Social Accounting Matrix*) que es mantenida y actualizada en forma colaborativa por las instituciones que participan del Consorcio GTAP. Los datos de comercio internacional para Uruguay actualmente disponibles en GTAP toman como base información del Banco Central del Uruguay para el año 1997 (Cuadro 3). En los últimos años, la participación relativa de Brasil en las exportaciones de arroz de Uruguay había caído considerablemente, al tiempo que había aumentado la importancia relativa de otras regiones, como la Unión Europea, algunos países del cercano y medio oriente y algunos países de la ex Unión Soviética.

Cuadro 2. Definición de los cambios en las preferencias, para cada escenario.

Escenario	Sectores involucrados	porcentaje de shock aplicado y región donde se produce
E-1	Arroz cáscara uruguayo (pdruy) Arroz procesado uruguayo (pcruy)	Brasil = 100, Unión Europea = 100
E-2	Arroz cáscara uruguayo (pdruy) Arroz procesado uruguayo (pcruy)	Brasil = 100, Unión Europea = 500
E-3	Arroz cáscara uruguayo (pdruy) Arroz procesado uruguayo (pcruy)	Unión Europea = 500
E-4	Arroz cáscara uruguayo (pdruy) Arroz procesado uruguayo (pcruy)	Escenario 3 + 15,75% de aumento de productividad

Cuadro 3. Estructura comercial de arroz uruguayo (procesado y sin procesar) con las distintas regiones, en millones de dólares.

Regiones	GTAP <sup>(1)</sup>		2010 <sup>(2)</sup>		2009		2008	
	FOB <sup>(4)</sup>	%	FOB	%	FOB	%	FOB	%
Brasil	97,1	62,8	57,1	40,5	137,0	30,6	87,4	18,9
R. América	26,4	17,1	19,1	13,6	53,3	11,9	90,3	19,6
Irán/Irak <sup>(3)</sup>	15,9	10,3	26,2	18,6	122,4	27,4	136,7	29,6
África	6,5	4,2	15,7	11,2	38,2	8,5	43,0	9,3
R. Asia	4,4	2,8	3,6	2,6	4,9	1,1	3,4	0,7
Europa	3,9	2,5	15,8	11,2	81,5	18,2	95,7	20,7
NAFTA	0,4	0,3	0,6	0,4	3,1	0,7	0,1	0,0
Japón	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
China	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tailandia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. Mundo	0,0	0,0	2,8	2,0	6,9	1,6	5,1	1,1
Total	154,5	100,0	140,9	100,0	447,2	100,0	461,8	100,0

<sup>(1)</sup> – El modelo GTAP (*Global Trade, Assistance, and Production*) utiliza una matriz de contabilidad social (SAM - *Social Accounting Matrix*) mantenida y actualizada en forma colaborativa por las instituciones participantes del Consorcio GTAP. Los datos de comercio internacional para Uruguay actualmente disponibles en GTAP toman como base información publicada por el Banco Central del Uruguay para el año 1997.

<sup>(2)</sup> – Exportaciones al 19 de mayo de 2010.

<sup>(3)</sup> – La agrupación realizada para la SAM de GTAP incluye solamente Irán debido a que la participación de Irak en esa época es casi insignificante. Irak comienza a ser relevante a partir de 2009 al tiempo que Irán prácticamente desaparece, originando un efecto sustitución.

<sup>(4)</sup> – FOB (*Free On Board*) Significa «franco a bordo» o «puerto de carga convenido». Término de comercio internacional en el transporte de mercancías y refiere al precio del arroz en el puerto de carga.

Fuente: Elaboración propia en base a GTAP-SAM (1997) y estadísticas oficiales de los países (2008 a 2010).

Sin embargo, a partir de la actual coyuntura internacional es muy probable que el portafolio de clientes para el arroz uruguayo en 2010 empiece a parecerse bastante al de 1997 utilizado por GTAP. Luego de registrar un mínimo de 19 % en 2008, la participación de Brasil creció a 41 % a mayo de 2010; en tanto, la UE bajó del 21 % al 11 %. Se espera que estas relaciones empiecen a acercarse cada vez más a las históricas utilizadas por la SAM de GTAP, en lo que resta del año.

Los resultados del análisis para los distintos escenarios considerados se presentan en el Cuadro 4. Se aprecia que las pérdidas de bienestar para Uruguay fueron mayores cuando se modeló un cambio de preferencias en los consumidores de Brasil. Esto se explica por el gran peso relativo de este mercado así como la poca

importancia de la Unión Europea en las exportaciones uruguayas de arroz, en la estructura de la base de datos de GTAP. Cuando el cambio de preferencias se produce en Brasil, éste ganaría en bienestar, en tanto la UE sufriría pérdidas en ese sentido.

Los cambios en el bienestar se explican principalmente por una variación de los *términos de intercambio* (TDI) y los costos incurridos en la reasignación de recursos derivados hacia el sector arrocero para compensar las variaciones en el comercio. Los TDI miden la evolución relativa de los precios de las exportaciones e importaciones de un país. De este modo, al cambiar las preferencias de los consumidores frente a un producto, se produce un cambio en los TDI, esto es, en la relación de precios de exportación e importación.

Cuadro 4. Variación Equivalente estimada por el modelo, en millones de dólares, para las principales regiones consideradas.

Escenario	Uruguay	Brasil	UE
E-1: Nivel de rechazo similar en Brasil (100) y UE (100)	-8,74	4,45	-0,41
E-2: Igual nivel de rechazo en Brasil (100) pero más fuerte en la UE (500)	-9,11	4,49	-2,08
E-3: Rechazo fuerte solamente en la UE (500)	-0,90	0,09	-3,92
E-4: Rechazo fuerte en la UE (500) + 15,75% incremento en productividad	0,03	9,12	-1,80

UE – Unión Europea.

La ganancia de Brasil se produjo por una mejora de los TDI, cuya magnitud fue mayor que la pérdida producida por la reasignación de recursos necesaria para incrementar la producción interna, como forma de compensar la reducción de importaciones desde Uruguay. En la UE, mientras tanto, la caída neta en el bienestar se debió a que el costo de rea-

signar recursos hacia el sector arroz fue mayor que la mejora observada en los TDI. En el caso de Uruguay, la pérdida del bienestar estuvo asociada al deterioro de los TDI. La pérdida de bienestar se vio más afectada por la proporción de las exportaciones que representa cada mercado que por la magnitud del cambio en las preferencias.

Cuadro 5. Cambios en cantidades y precios, expresados en porcentaje.

Escenario	Factor/Sector	Precio	Producto	Exportaciones
E-1 Nivel de rechazo similar en Brasil (100) y Unión Europea (100)	Tierra	- 2,14		
	Arroz cáscara o <i>paddy</i> (uy)	- 3,38	- 21,33	- 36,15
	Arroz procesado (uy)	- 0,84	- 2,02	- 2,48
	Carne	- 0,20	0,86	1,30
E-2 Igual rechazo en Brasil (100) pero más fuerte en la Unión Europea (500)	Tierra	- 2,19		
	Arroz cáscara o <i>paddy</i> (uy)	- 3,43	- 21,54	- 36,05
	Arroz procesado (uy)	- 0,87	- 3,06	- 3,75
	Carne	- 0,21	0,9	1,35
E-3 Rechazo fuerte solamente en la Unión Europea (500)	Tierra	- 0,12		
	Arroz cáscara o <i>paddy</i> (uy)	- 0,10	- 0,41	0,38
	Arroz procesado (uy)	- 0,08	- 2,48	- 3,00
	Carne	- 0,02	0,08	0,12
E-4 Rechazo fuerte en la Unión Europea (500) + 15,75% incremento en productividad	Tierra	- 0,82		
	Arroz cáscara o <i>paddy</i> (uy)	- 15,12	6,28	12,46
	Arroz procesado (uy)	- 2,73	- 1,65	- 2,06
	Carne	- 0,06	0,28	0,38

uy - Uruguay.

El efecto diferencial que se produjo en los distintos escenarios sobre algunas variables relevantes para el sector arrocero y el ganadero, así como para el factor tierra, se presentan en el Cuadro 5. Los cambios se expresan en términos porcentuales, apreciándose que el sector más afectado con el cambio en la conducta de los consumidores fue el sector primario (arroz cáscara o *paddy*, Uruguay) el cual sufrió reducciones en el precio, en el producto y en el comercio exterior. Estos aspectos se destacan en los escenarios 1 y 2. El escenario 3, al no incluir a Brasil, reflejó una reducción más moderada, tanto en los precios como en las cantidades. Mientras tanto, el factor tierra perdió valor y los cambios registrados en la ganadería resultaron de escasa magnitud. El modelo no logró recoger adecuadamente la interacción entre el arroz y la ganadería, derivada de la rotación del cultivo, por lo que no es de extrañar que el resultado de este sector resultara pequeño.

El sector arrocero ha comenzado a apostar fuertemente a la adopción de *buenas prácticas agrícolas* (BPA). Estas dos tecnologías no son mutuamente excluyentes, razón por la cual se consideró el escenario 4. Este se modeló para evaluar el nivel de incremento que debería producirse, tras la incorporación de transgénicos, para compensar la pérdida ocasionada por la actitud negativa de los consumidores. Sin embargo, el resultado registrado mostró que, para compensar un cambio de preferencias como el observado en el escenario 3, debería producirse un incremento de 15,75% en la producción de arroz cáscara. Este nivel de incremento de la producción es mayor que el que se podría esperar en caso de utilizar variedades con resistencia a herbicidas.

## Conclusiones

La discusión sobre transgénicos continúa generando debates en la sociedad uruguaya y la posición de los cultivadores de arroz ha sido contraria a la adopción de variedades OGM en este cultivo. Esta tecnología avanza a nivel mundial con nuevas variedades y en nuevas especies, aumentando los usos posibles. Al mismo tiempo, se han ido estableciendo protocolos más claros y seguros para la liberalización y adopción comercial, tanto a nivel nacional

como internacional. En la región, el grado de adopción de transgénicos es alto, pero la posibilidad de liberación de variedades OGM en arroz es reciente. Esto abre un marco de incertidumbre para los cultivadores en Uruguay.

Los resultados del modelo empírico sugieren que la adopción de variedades transgénicas en el cultivo de arroz podría llevar a una pérdida de bienestar en Uruguay, si como consecuencia se produce un cambio en la preferencia de los consumidores. Dada la importancia de las exportaciones de arroz para la economía uruguaya, esta pérdida podrá ser mayor, en la medida que se produzcan cambios de preferencia en los mercados que tienen mayor importancia relativa. Con la actual estructura de exportaciones, el impacto sería aún mayor en todos los escenarios considerados, puesto que, en los últimos años, Europa ha incrementado fuertemente su participación como destino para el arroz uruguayo.

Por otro lado, la adopción conjunta de dos tecnologías como los OGM y las BPA sugiere que se podrían perder las ventajas comerciales de las BPA, si se combina con la tecnología de OGM, debido a la posición contraria de aquellos mercados que potencialmente premian este tipo de tecnología. Debe señalarse al respecto que, mientras que las ventajas de las BPA se derivarían del cambio técnico puramente dicho, las pérdidas por OGM serían «inducidas» por las restricciones comerciales simuladas en el modelo.

La potencial liberación comercial de arroz resistente a herbicidas en Brasil abre un nuevo escenario y genera interrogantes sobre la sostenibilidad de largo plazo de la posición uruguaya. Por un lado, la participación de Brasil como destino de las exportaciones uruguayas de arroz otorga mucho peso a los consumidores brasileños en la conformación de su demanda. Por otro lado, en Uruguay existen productores que realizan la actividad en ambos países, los cuales podrían, potencialmente, usar semilla transgénica en Uruguay. La incorporación de tecnología al cultivo de arroz por parte de cultivadores brasileños ha sido frecuente en el pasado. También generaría una oportunidad para vender arroz con origen certificado y aprovechar la ventaja comercial de no tener cultivo de arroz transgénico en Uruguay.

La simulación de la adopción de transgénicos en este estudio fue realizada sin datos certeros acerca de cuál sería la reacción de los consumidores ni de cuál sería el potencial incremento de los rendimientos. En el primer caso, pone de manifiesto la necesidad de contar con más investigación para cuantificar con mayor precisión el grado de rechazo a esta tecnología. Adicionalmente, el desarrollo de un modelo específico que permita capturar mejor las preferencias de los consumidores podría arrojar más luz sobre el problema. El segundo punto, referido al incremento potencial de rendimiento, puede quedar claro cuando se cuente con la información de las variedades resistentes a herbicidas por mutagénesis.

Otro aspecto a considerar en futuros trabajos de investigación es que, si bien las pérdidas originadas por la potencial adopción de transgénicos se pueden compensar con el incremento en productividad del cultivo, es necesario precisar que quienes asumen los costos y beneficios de ambos cambios son actores diferentes y, por lo tanto, pueden tener posiciones diferentes respecto al tema. El desafío, en esos casos, es encontrar mecanismos compensatorios adecuados para transferir parte de las ganancias de un sector para cubrir las pérdidas del otro.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Fondo Clemente Estable (FCES/C/FC/54/), por el apoyo financiero recibido para el proyecto de investigación (FCE-69) que dio origen a este trabajo de investigación. Desean también expresar su profundo agradecimiento a los ingenieros agrónomos Álvaro Roel (Director de INIA-Treinta y Tres), Pedro Blanco (Director del Programa Nacional de Producción de Arroz) y a los ingenieros agrónomos Enrique

Deambrosi y Andrés Lavecchia, investigadores del Programa Nacional de Investigación en Arroz de INIA, por todo el apoyo brindado para la realización del mismo. Cualquier error u omisión es de responsabilidad exclusiva de los autores.

### Bibliografía

- Akerlof, G. A. 1970. «The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism.» *Quarterly Journal of Economics* 84 (1970):488-500.
- Anderson, K., Jackson L. A., and Nielsen C. P. 2004. «Genetically Modified Rice Adoption: Implications for Welfare and Poverty Alleviation.» *CIES Discussion Paper No. 0413*. University of Adelaide. 32 pp.
- Anderson, K. and Jackson L. A. 2006. «Transgenic Crops, EU Precaution, and Developing Countries.» *Int. J. Technology and Globalization*, Vol. 2, N° 1-2: 65-80.
- Evenson, R. 2006. «Comments: The Coexistence Session *American Journal of Agricultural Economics*, 88(5): 1209-1210.
- Falck-Zepeda, J. 2006. «Coexistence, Genetically Modified Biotechnologies and Biosafety: Implications for Developing Countries.» *American Journal of Agricultural Economics*, 88(5): 1200-1208.
- Gifford, K., Bernard J. C., Toensmeyer U. C., and Bacon R. 2005. «An Experimental Investigation of Willingness to Pay for Non-GM and Organic Food Products.» Paper presented at the *American Agricultural Economics Association Annual Meeting*, Providence, Rhode Island.
- Hertel, T. W. 1997. *Global Trade Analysis: Modelling and Applications*. Cambridge University Press. New York.
- Horridge, M. (Com. Pers.) 2008. CoPS Archive TPMH0087. <http://www.monash.edu.au/policy/archive.htm> (submitted May 2008).
- Lapan, H. E. and Moschini G. 2004. «Innovation and Trade with Endogenous Market Failure: The Case of Genetically Modified Products.» *American Journal of Agricultural Economics*, 86(3): 634-648.
- Nielsen, C. P. and Anderson, K. 2000. «GMO's, Trade Policy, and Welfare in Rich and Poor Countries.» Working paper n° 3/2000. Statens Jordbrugs- og Fiskerøkonomiske Institut. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Denmark.
- Shoven, J. B. and Whalley J. 1984. «Applied General-equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey.» *Journal of Economic Literature*. Vol. XXII (September 1984), pp. 1007-1051.
- Shoven, J. B. and Whalley J. 1992. *Applying General Equilibrium*. Cambridge University Press. New York. Cap. 2.
- Varian, H. R. 1992. *Microeconomics Analysis*. 3<sup>rd</sup> Edition. W. W. Norton & Company Ltd. New York: 506 pp.