



## ESTRATEGIAS NACIONALES DE INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA. IMPLICANCIAS PARA EL MERCOSUR

SEBASTIÁN SZTULWARK

Universidad Nacional de General Sarmiento y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina. Mail: ssztulwa@ungs.edu.ar

MELISA GIRARD

Universidad Nacional de General Sarmiento, Buenos Aires, Argentina. Mail: mgirard@ungs.edu.ar

### RESUMEN

La biotecnología es uno de los grandes vectores de transformación de la economía mundial. Su desarrollo implica una nueva base de conocimiento de impacto trans-sectorial. En el campo propiamente agrícola, la principal innovación se refiere al desarrollo de semillas modificadas genéticamente (o transgénicas). La difusión de estos productos se dio en el marco de la complementariedad con otras tecnologías y el desarrollo de nuevas formas de organización. Hasta el momento, la inmensa mayoría de las semillas transgénicas que han llegado al mercado, lo hicieron bajo el control de un pequeño conjunto de grandes empresas que operan a nivel global. Los países del MERCOSUR tuvieron un papel muy activo en la adopción de la tecnología pero mucho menos en el desarrollo de la misma. El objetivo central de este trabajo es realizar un análisis comparativo sobre estrategias nacionales de innovación en semillas transgénicas en países en desarrollo, con especial foco en Asia, para pensar implicancias de políticas para los países del MERCOSUR.

Los principales resultados del trabajo son: i) que no existen casos de trayectorias de innovación en biotecnología agrícola que hayan logrado competir con las empresas que lideran la industria a nivel mundial; ii) que aunque China está desarrollando una base propia de conocimiento en agrobiotecnología ésta se encuentra orientada al mercado interno; iii) que en el caso de India, como ejemplo de un caso mixto, tampoco se verifica una estrategia más ofensiva a nivel global; iv) que los casos de Australia y Japón representan la experiencia de un grupo empresarial que ha desplegado una exitosa estrategia ofensiva a nivel global focalizada en las flores transgénicas. Así, los países del MERCOSUR cuentan con condiciones estructurales (tamaño del mercado de insumos agrícolas y base de conocimiento propia) para iniciar un cambio de trayectoria y emprender una estrategia de mayor autonomía regional.

### INTRODUCCION

La biotecnología es uno de los grandes vectores de transformación de la economía mundial. Su desarrollo implica una nueva base de conocimiento de impacto trans-sectorial. En el campo propiamente agrícola, la principal innovación, aunque no la única, se refiere al desarrollo de semillas modificadas genéticamente (o transgénicas). La difusión de estos productos se dio en el marco de la complementariedad con otras tecnologías y el desarrollo de nuevas formas de organización. Hasta el momento, la inmensa mayoría de las semillas transgénicas que han llegado al mercado lo hicieron bajo el control de un pequeño conjunto de grandes empresas que operan a



nivel global. Los países del MERCOSUR tuvieron un papel muy activo en la adopción de la tecnología pero mucho menos en el desarrollo de la misma. El objetivo central de este trabajo es realizar un análisis comparativo sobre estrategias nacionales de innovación en semillas transgénicas en países en desarrollo, con especial foco en Asia, para pensar implicancias de políticas para los países del MERCOSUR.

El trabajo focaliza su atención en la experiencia de dos países que constituyen, por su tamaño y su creciente protagonismo mundial, una referencia fundamental para pensar estrategias de desarrollo agro-biotecnológico. Son los casos de China e India. Pero también se repasa la experiencia de Japón y Australia, países protagonistas de un caso particular en torno a transgénicos no comestibles que vale la pena considerar. Sobre esa base, se ubica el caso de los países del MERCOSUR, para ver, en el contraste con esas experiencias, elementos de aprendizaje que sirvan para pensar la política pública desde una perspectiva comparada.

Desde un punto de vista metodológico, el trabajo se apoya en: i) la identificación de países que vienen desarrollando una trayectoria en biotecnología agrícola propia y alternativa a la que siguen las grandes multinacionales del sector. Para ello se utiliza la base de datos de ISAAA, que provee información sobre eventos biotecnológicos aprobados a nivel mundial, según país y organización que la desarrolla; ii) la realización de estudios de caso de las experiencias más relevantes, sobre la base de fuentes secundarias. El foco está puesto en mayor medida en la estrategia global, que sobre los instrumentos de la política; iii) reflexión en clave comparativa para pensar políticas de desarrollo autónomo de la biotecnología agrícola en los países del MERCOSUR.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, se presenta un breve panorama general sobre la situación de los eventos transgénicos aprobados a nivel mundial, para ubicar las experiencias de desarrollo de cultivos transgénicos que existen por fuera del acotado grupo de empresas multinacionales que tienen un claro dominio de la innovación en esta materia a nivel mundial. A continuación se repasan los casos de China, India y Australia/Japón. Sobre esta base, se presentan algunos datos estructurales del modo en el que los países del MERCOSUR se ubican en la dinámica mundial de las semillas transgénicas. Finalmente, se discute en qué medida las experiencias de los países asiáticos pueden servir de aprendizaje para el re-diseño de las propias estrategias a nivel nacional y/o regional de nuestros países.

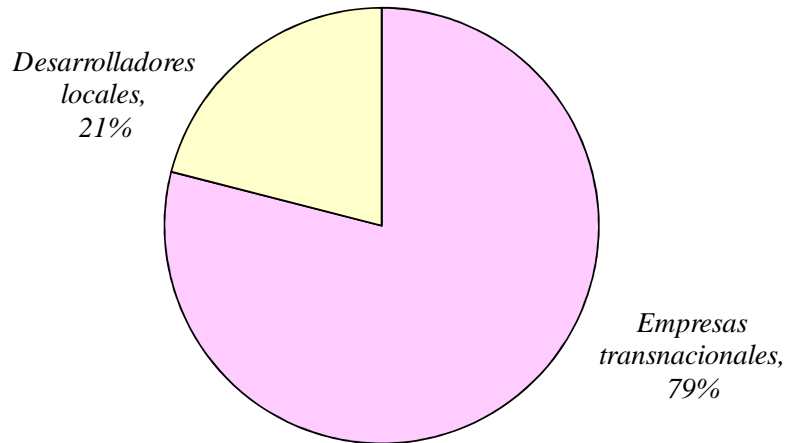
## APROBACIONES DE EVENTOS TRANSGENICOS A NIVEL MUNDIAL

Es conocido el alto grado de concentración en unas pocas empresas que existe en el desarrollo y la comercialización de productos biotecnológicos, en particular de semillas transgénicas. Estas empresas, de carácter transnacional, son las que normalmente se encargan de llevar adelante el proceso de innovación y difusión de cada uno de los eventos transgénicos<sup>1</sup> que son aprobados para la siembra y el consumo en diferentes tipos de cultivos. El monopolio se sostiene mediante el patentamiento de las innovaciones y por medio de una estructura contractual que permite a dichas empresas controlar gran parte del mercado de semillas a nivel global. En este sentido, en el Gráfico 1 se observa que el 79% de los eventos transgénicos que fueron aprobados desde el

<sup>1</sup> Un evento transgénico es una construcción de ADN insertada con un gen al que se le identificaron y clasificaron sus propiedades y funciones (Sztulwark, 2012).

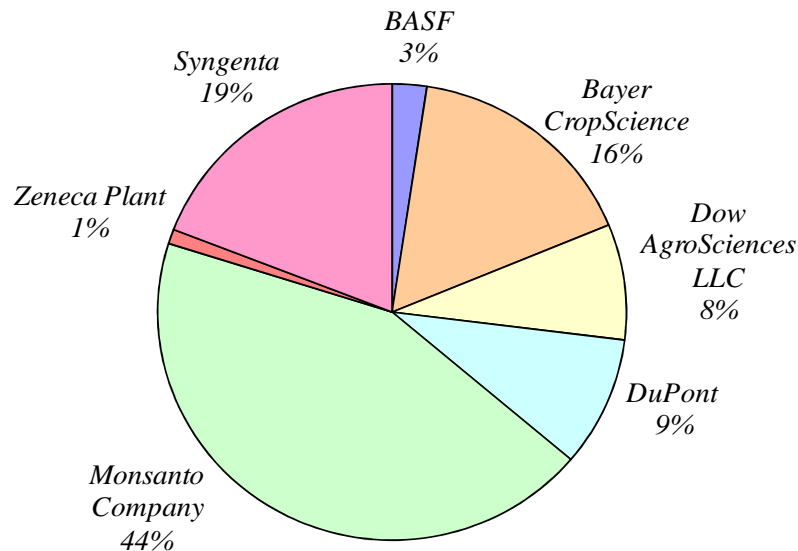
año 1992 hasta el año 2014<sup>2</sup> son desarrollados por empresas transnacionales; y como se observa en el Gráfico 2, casi el 80% de ellos – o el 62% si consideramos la totalidad de los eventos aprobados- fueron desarrollados únicamente por tres empresas: Monsanto Company, Syngenta y Bayer CropScience.

Gráfico 1. Eventos transgênicos aprovados a nível mundial, 1992 a 2014.



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA.

Gráfico 2. Eventos transgênicos aprovados a nível mundial desenvolvidos por empresas transnacionais, 1992 a 2014.



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA.

<sup>2</sup> Un mismo evento puede ser aprobado en diferentes países. Para evitar un problema de duplicación, en este trabajo se contabilizaron los eventos independientemente de la cantidad de países en los que hayan sido aprobados.

No obstante, estas empresas no son las únicas con capacidad de llevar adelante innovaciones en el campo de la biotecnología agrícola. Existen otros actores alternativos, aunque de una relevancia mucho menor en términos del mercado mundial, que tienen capacidades de innovación suficientes y que también participan en la realización de eventos transgénicos. Estas organizaciones, que pueden ser tanto de carácter público, privado como mixto, plantean algunas opciones, ya sea en términos de innovación como de la difusión de ciertos eventos transgénicos, respecto a las grandes empresas multinacionales que dominan el mercado. Este asunto cobra especial relevancia cuando se lo piensa vinculado a los países en desarrollo. La razón se debe a que algunos de estos países se constituyeron como grandes adoptantes de estas tecnologías pero históricamente su participación en el desarrollo de la misma ha sido mucho menor. Sin embargo, en la Tabla 1 se observa que poco más de la mitad de estas organizaciones alternativas provienen de países en desarrollo, principalmente de origen asiático.

*Tabla 1. Desarrolladores locales de cultivos transgénicos, según país, cantidad de eventos liberados, y aprobaciones en el extranjero, 1992 a 2014.*

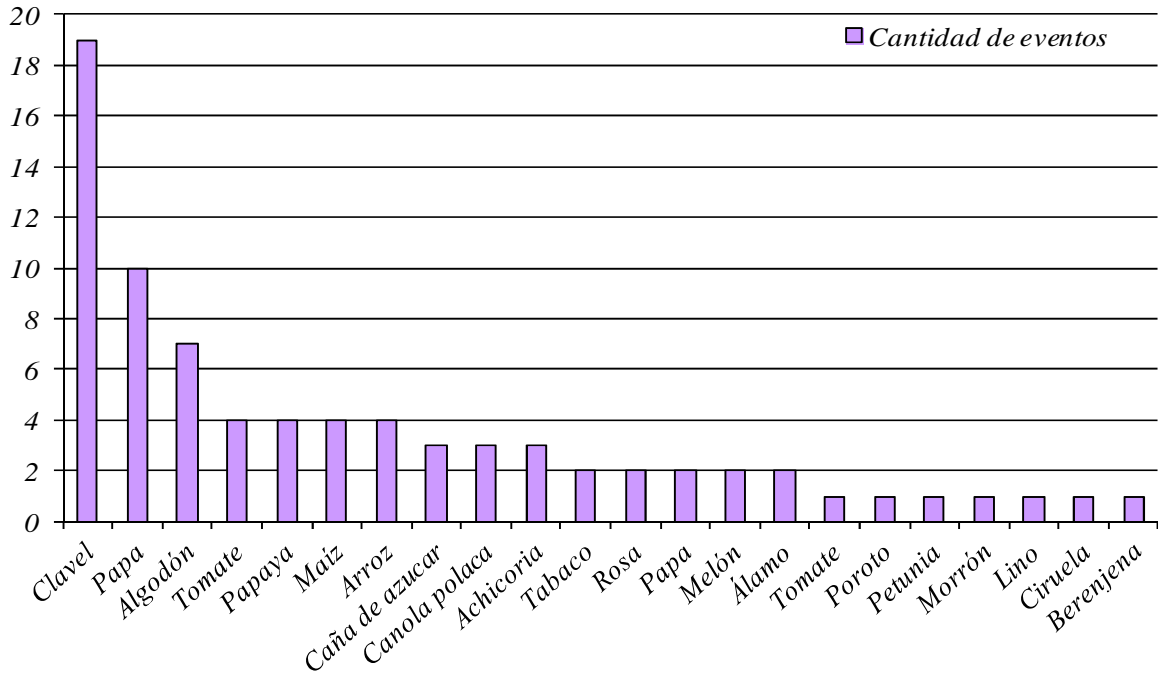
<b>País</b>	<b>Desarrollador</b>	<b>Eventos</b>	<b>Aprobaciones extranjeras</b>
Australia	Florigene Pty Ltd	15	31
Brasil	EMBRAPA	1	-
Canadá	University of Saskatchewan	1	2
China	Beijing University	3	-
	Chinese Academy of Agricultural Sciences	2	-
	Huazhong Agricultural University	3	-
	Institute of Microbiology, CAS	1	-
	Origin Agritech	1	-
	Research Institute of Forestry	2	-
EEUU	South China Agricultural University	1	-
	Agritope Inc.	3	-
	DNA Plant Technology Corporation	1	2
	J.R. Simplot Co.	10	-
	Stine Seed Farm, Inc	1	1
	U.S. Department of Agriculture - Agricultural Research Service	1	-
	University of Florida	4	1
Vector Tobacco Inc.	1	-	
Francia	Genective S.A. (Groupe Limagrain)	1	2
	SEITA S.A.	1	-
Hawái	Cornell University and University of Hawaii	2	4
Holanda	Bejo Zaden BV	3	3
	Renessen LLC	1	8
India	Research and University of Agricultural Sciences Dharwad	1	-
	JK Agri Genetics Ltd	1	-
	Maharashtra Hybrid Seed Company (MAHYCO)	1	1
	Metahelix Life Sciences Pvt. Ltd	1	-
	Nath Seeds/Global Transgenes Ltd	1	-
Indonesia	PT Perkebunan Nusantara XI	3	-
Irán	Agricultural Biotech Research Institute	1	-
Japón	National Institute of Agrobiological Sciences	1	-
	Suntory Limited	6	13
Myanmar	Cotton and Sericulture Department	1	-
Rusia	Centre Bioengineering, Russian Academy of Sciences	2	-

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA.

Allí también se indica la cantidad de eventos que cada organización ha producido y que fueron aprobados para el consumo y/o siembra, y la última columna muestra la cantidad de aprobaciones en el extranjero que lograron obtener estas instituciones en base a sus eventos desarrollados. Los casos más interesantes están centrados en China, India, Australia y Japón. Los dos primeros debido a que registran una cantidad de desarrolladores notablemente mayor a la del resto de los países y que puede ubicarse a la par de Estados Unidos, y los casos de Australia y Japón se destacan debido a que tan sólo una empresa en cada país, Florigene Pty Ltd y Suntory Ltd., ha dado origen a una gran cantidad de eventos transgénicos aprobados únicamente sobre dos cultivos, la rosa y el clavel. Asimismo, se puede observar el alto nivel de difusión internacional que han tenido los eventos desarrollados por estas instituciones en términos de la gran cantidad de aprobaciones que tuvieron estas variedades de cultivos en el extranjero.

Por otro lado, una característica interesante de estos desarrollos es la que se vincula con la variedad de los cultivos para los cuales estas organizaciones han destinado sus esfuerzos en términos de innovación. A nivel mundial, más del 60 por ciento de los eventos aprobados para siembra están concentrados en sólo cuatro cultivos: maíz, algodón, canola argentina y soja. Sin embargo, en el Gráfico 3 se observa que para el caso de las organizaciones alternativas estos cultivos tienen una incidencia mucho menor, sólo representan el 14 por ciento de los eventos aprobados (no habiendo eventos destinados a la canola argentina y la soja).

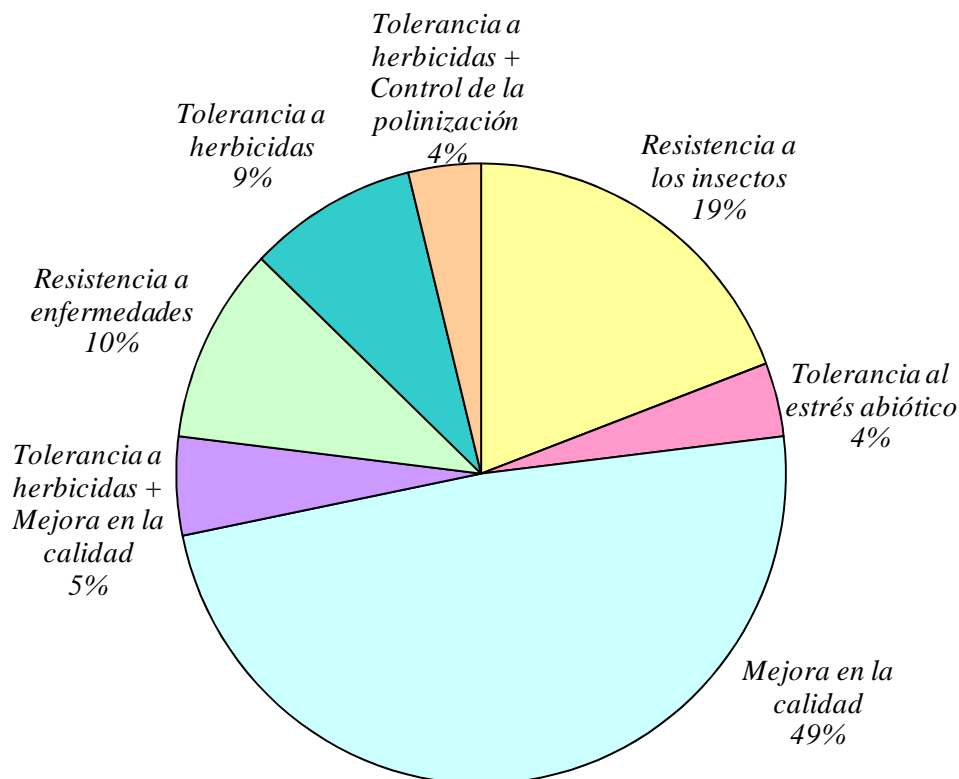
*Gráfico 3. Eventos transgénicos aprobados a nivel mundial desarrollados por organizaciones locales, 1992 a 2014: Por cultivo.*



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA.

Finalmente, señalamos el carácter que revisten estas innovaciones en particular. En el Gráfico 4 se muestran los eventos transgénicos que surgieron de la modificación de algún rasgo o atributo específico de las distintas semillas y que fueron realizados por desarrolladores alternativos a las empresas transnacionales. Se verifica que el 54 por ciento de dichos eventos implican alguna mejora en la calidad de la semilla, mientras el resto se encuentran distribuidos en distintos atributos que como objetivo final apuntan a mejorar la productividad del proceso de producción. En este sentido, podemos señalar una variedad de tomate con maduración retardada, tabaco con niveles de nicotina reducidos, entre otros. No obstante, este fenómeno contrasta fuertemente con lo que se observa cuando se consideran a las empresas transnacionales junto a estas otras organizaciones. En este caso, sólo el 16 por ciento de los eventos implica alguna modificación en la calidad del producto, mientras que la gran mayoría de los eventos se encuentran dirigidos a mejorar la productividad del cultivo. Por lo tanto, dado el alto impacto que tienen las grandes empresas sobre el total de los eventos transgénicos aprobados, puede afirmarse que el principal interés de dichas empresas estuvo enfocado al desarrollo de semillas que mejoran los niveles de productividad del proceso de producción.

*Gráfico 4. Eventos transgénicos aprobados a nivel mundial desarrollados por organizaciones locales, 1992 a 2014: Por rasgo.*



*Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA.*

Sin embargo, el hecho de que más de la mitad de los procesos de transgénesis, que son llevados a cabo por organizaciones distintas a las grandes empresas, estén orientados a diferenciar el producto por medio de una mejora cualitativa puede ser un indicador de la dificultad que enfrentan estas organizaciones para competir con las empresas transnacionales en la modificación



de los rasgos tradicionales. El principal problema radica en la acotada cantidad de genes y en el refuerzo de las barreras a la entrada por medio del “apilamiento” genético que incluye, y a la vez mejora, la utilidad de desarrollos previos (Gutman y Lavarello, 2007).

En las páginas siguientes nos proponemos abordar algunos casos específicos sobre distintas estrategias nacionales de innovación en semillas transgénicas. El objetivo final es desarrollar un análisis comparativo de las mismas.

## CHINA

Como se dijo anteriormente, el caso de China resulta de un interés especial debido a que, de acuerdo a los datos, este país posee siete instituciones que desarrollaron eventos transgénicos que fueron aprobados. Esto lo ubica como uno de los países, junto con Estados Unidos, con mayor cantidad de instituciones que han conseguido desarrollar eventos biotecnológicos exitosos. Por otro lado, cabe destacar la variedad de cultivos sobre los cuales estas organizaciones han trabajado y para los cuales desarrollaron modificaciones genéticas. Ellos son: algodón, petunia, morrón, tomate, arroz, maíz, álamo y papaya, los cuales fueron aprobados entre los años 1997 y 2009 únicamente en China. Sin embargo, en las 3,9 millones de hectáreas destinadas a cultivos transgénicos actualmente sólo se siembra algodón, morrón, tomate, álamo y papaya (James, 2014). A su vez, los rasgos que han sido modificados fueron la resistencia a enfermedades, la resistencia a insectos y las mejoras en la calidad de los productos. No obstante, más allá de estas cuestiones, el principal interés que despierta el caso de China radica en que la mayoría de sus desarrolladores son instituciones públicas, la única excepción es la empresa Origin Agritech Ltd. que se encuentra compuesta por capitales nacionales y es la desarrolladora del primer maíz con alto contenido de fitasa. A su vez, otro elemento a señalar que se desprende de este caso es el carácter nacional de la producción dado que todos los eventos transgénicos que hasta el momento fueron liberados para la siembra son de origen chino<sup>3</sup>.

Desde hace varias décadas China se encuentra en la vanguardia de la innovación en biotecnología vegetal. A comienzos de los años noventa fue el primer país en el mundo en comercializar cultivos transgénicos, una variedad de tabaco resistente a virus (James y Krattiger, 1996; Tao y Shudong, 2003). Esto sucedió en combinación con una fuerte política de inversión en investigación en biotecnología agrícola, que comenzó a desarrollarse a mediados de la década del ochenta, impulsada principalmente por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Esta política fue canalizada a través de diversos planes. El primero fue el Plan 863, en el cual la biotecnología era una de las principales áreas de apoyo. Los objetivos centrales estaban dirigidos a una mejora en la seguridad alimentaria nacional, a un aumento de los ingresos de los agricultores, a mejorar la posición del país en los mercados agrícolas internacionales, y a promover la alta tecnología en I+D en China (Pray et al, 2002; Huang et al, 2002, Huang y Wang, 2002). A fines de los años noventa comenzó a implementarse el Plan 973, que funcionó de forma complementaria con el anterior. Más adelante, y continuando con una tendencia de financiamiento intensivo al sector, se puso en marcha un tercer programa llamado “National Key Laboratory Initiative” que tenía como

<sup>3</sup> Luego existen eventos desarrollados por empresas transnacionales que se encuentran aprobados para otros tipos de usos, como por ejemplo, para procesamiento o alimentación animal.



objetivo la creación de una serie de laboratorios de los cuales casi la mitad estuvieron destinados al desarrollo de biotecnología (Huang y Wang, 2002).

Por lo tanto, es importante destacar que a diferencia del resto del mundo, en China la mayor parte de los gastos en investigación sobre biotecnología fue financiada por el gobierno, y el sector privado no tuvo un rol relevante dentro del desarrollo de esta área. Así, la investigación sobre biotecnología agrícola se concentró principalmente en la Academia China de Ciencias Agrícolas (CAAS), la cual llevó adelante un programa de investigación para el desarrollo de variedades de algodón Bt, que fueron liberadas para su uso comercial en el año 1997. Sin embargo, para ese momento Monsanto ya había logrado introducir en el mercado su propio algodón Bt<sup>4</sup>, por lo que las cuatro variedades que el Instituto de Investigación de Biotecnología de la CAAS logró difundir -a mitad de precio- compitieron fuertemente con la desarrollada por la empresa extranjera (Pray et al, 2002; Gale et al, 2002; Tao y Shudong, 2003). Así, el gobierno chino entendió que, para evitar que empresas transnacionales ejercieran algún tipo de influencia sobre sus políticas, debía invertir fuertemente en desarrollar sus propias investigaciones dentro del sector (Pray et al, 2006).

No obstante, a partir del año 2002 el gobierno de China impuso una serie de limitaciones a las aprobaciones de nuevos cultivos transgénicos, tanto en la etapa de desarrollo, como en la de regulación y en la salida al mercado de nuevos eventos<sup>5</sup>. Estas restricciones se tradujeron en un mayor costo y una creciente lentitud respecto de la liberación comercial de eventos transgénicos. Las razones principales que podrían fundamentar estas circunstancias están vinculadas a una mayor cautela por parte del gobierno chino en términos de seguridad alimentaria y a que sus principales destinos de exportación (Europa, Japón, Corea del Sur, Tailandia, entre otros) fijaron políticas sumamente restrictivas sobre el uso y consumo de productos transgénicos (Keeley, 2003; Cohen y Paarlberg, 2004). De todas formas, esto contrasta fuertemente con el orden de prioridad y el caudaloso financiamiento que el gobierno chino continúa otorgando a la investigación sobre biotecnología agrícola<sup>6</sup>. Esto a su vez se combina con el inicio de una campaña nacional de información, motorizada por el Ministerio de Agricultura, sobre los beneficios que los cultivos biotecnológicos representan para el país (James, 2014).

Actualmente, los principales objetivos de la inversión en biotecnología en China están centrados en: sustituir cultivos importados (por ejemplo el maíz), mejorar el rendimiento y controlar las plagas que flagelan a los principales cultivos de alimentos del país (principalmente el arroz) con fines de garantizar la soberanía alimentaria, avanzar en mejoras de cultivos poco masivos (por ejemplo las flores) pero que pueden ofrecer ciertas ventajas a los productores en determinados nichos de mercado y, por último, en instalarse como el principal proveedor nacional de biotecnología (Huang y Wang, 2002; James, 2014). Respecto de esta última cuestión, China se ha puesto a la vanguardia de las técnicas de modificación genética a partir del desarrollo por parte de

<sup>4</sup> El algodón Bt de Monsanto es la única planta transgénica desarrollada por una empresa transnacional que ha sido adoptada ampliamente en China (Gale et al, 2002).

<sup>5</sup> Por ejemplo, se impulsó el cumplimiento de una etapa de ensayo adicional y además se volvió más riguroso el otorgamiento de permisos para la realización de pruebas de campo. A su vez, se establecieron normas de certificación de seguridad y etiquetado a todos los productos modificados genéticamente que son producidos o ingresan al país (Gale et al, 2002; Huang y Wang, 2002).

<sup>6</sup> Para el período 2008-2020 está planeada una inversión de 4000 millones de dólares en esta área.





la CAAS de una variedad de trigo resistente al moho blanco a través de un proceso de edición genética, que no requiere de la introducción de genes de otras especies<sup>7</sup>, y que es más preciso que la transgénesis tradicional (James, 2014).

Por lo tanto, puede afirmarse que el principal objetivo de China respecto de su política de biotecnología está dirigido a solucionar y mejorar cuestiones referidas a su mercado interno. Para eso China ha cambiado su política respecto de la industria de semillas y ha comenzado a incentivar el desarrollo de empresas de semillas que le permitan unir la investigación básica con la producción a gran escala de simiente. Asimismo se ha comenzado a incentivar, aunque de forma limitada, la participación del sector privado. A partir de los últimos años, empresas de otros sectores de la economía han comprado empresas de semillas que hasta entonces habían sido estatales, también posibilitó el acceso a los mercado de capitales como fuentes alternativas de financiamiento, y se verificó el ingreso de algunas empresas extranjeras al mercado de semillas chino (Gale et al, 2002).

## INDIA

El primer cultivo transgénico en India se aprobó en el año 2002 y fue una variedad de algodón resistente a insectos desarrollada por Monsanto con la colaboración de Maharashtra Hybrid Seed Company Ltd. (Mahyco), la mayor empresa de semillas del sector privado de la India (Pray et al, 2006). Más adelante los desarrollos locales de algodón transgénico comenzaron a competir con aquella primera variedad. De esta forma, el caso de India se caracteriza por tener cinco instituciones y empresas nacionales que han logrado desarrollar y aprobar un evento transgénico cada una, lo que forma un total de cinco eventos aprobados de realización local. Si bien está es una estrategia diferente a la de China, dado que en India en los últimos años hubo una política de mayor apertura hacia el sector privado e incentivos hacia su participación en el desarrollo de biotecnología, tampoco son despreciables los logros conseguidos por fuera del ámbito de influencia de las grandes empresas transnacionales.

Los eventos que han desarrollado las distintas organizaciones locales estuvieron dedicados casi exclusivamente al cultivo de algodón. Éste es el único cultivo transgénico sembrado en el país y, en el año 2014, alcanzó a cubrir un total de 11,6 millones de hectáreas (James, 2014). La única excepción fue el evento desarrollado por la empresa Mahyco que fue dirigido hacia el cultivo de berenjena. A su vez, los cinco eventos se orientaron únicamente a desarrollar cultivos con resistencia a insectos. Estos desarrollos locales recibieron sus respectivas aprobaciones entre los años 2006 y 2013. Asimismo, todas las variedades transgénicas de algodón fueron aprobadas en India, mientras que una de ellas (la realizada en forma conjunta por las empresas Nath Seeds y Global Transgenes Ltd) también fue aprobado en el año 2012 en Pakistan. Por último, el único evento que no obtuvo aprobación en India es el desarrollo de una variedad de berenjena Bt que sólo fue aprobada en Bangladesh<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Nos referimos a las técnicas CRISPRs y TALENs.

<sup>8</sup> Este evento es producto de la conformación de una alianza público-privada. Los participantes fueron la semillera india Mahyco, que donó la tecnología al Instituto de Investigación Agrícola de Bangladesh (BARI), la Universidad de Cornell (EEUU), que estuvo a cargo de la coordinación del proyecto y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) que fue el organismo que lo financió. Así, a fines del año 2013 se aprobó la



India tiene una de las mayores superficies cultivables en el mundo, según datos del Banco Mundial, la agricultura explica el 18 por ciento de su PBI, y en base a un censo realizado en el año 2011 la agricultura emplea el 60 por ciento de la fuerza laboral del país. Este sector es medular para la economía india y, por lo tanto, no es reciente la preocupación por parte del gobierno sobre los niveles de productividad y crecimiento de la producción. Desde la década del cincuenta comenzaron a realizarse inversiones públicas dirigidas tanto a mejoras en la infraestructura como a la investigación en el sector, y en la década del sesenta se sumaron transformaciones de tipo institucional como por ejemplo el establecimiento de la Corporación Nacional de Semillas en el año 1963 y la Ley de Semillas promulgada en el año 1966, que favorecieron la certificación oficial de semillas. Estas acciones tuvieron consecuencias directas en los niveles de producción. Entre los años 1965 y 1985 India logró duplicar su producción de trigo y arroz (Hazell, 2010).

En este sentido, puede identificarse que hasta la década del ochenta diferentes organizaciones del sector público ocuparon un rol principal dentro del sector, mientras que el sector privado se veía reducido a la producción y distribución de variedades mejoradas por el sector público (Elum y Sekar, 2014). Sin embargo, a partir de ese momento, algunas reformas políticas, entre las cuales se pueden nombrar a la Nueva Política sobre el Desarrollo de Semillas del año 1988<sup>9</sup>, la Nueva Política Industrial aplicada desde el año 1991 (que entre otras cuestiones promovió la inversión extranjera directa), la Ley de Protección a las Variedades de Plantas y Derechos del Agricultor del año 2001<sup>10</sup>, y la Misión Nacional de Seguridad Alimentaria del año 2007<sup>11</sup>, se combinaron con una serie de avances tecnológicos que concluyeron en la construcción de un terreno propicio para el aumento de la participación del sector privado en los segmentos de alto valor agregado y de bajo volumen, mientras que el sector público quedó abocado a la producción de cultivos de bajo valor y alto volumen (Gadwal, 2003; OCDE-FAO, 2014).

En consecuencia, desde finales de la década del ochenta las empresas de biotecnología agrícola incrementaron sus niveles de inversión en I+D y asumieron el rol de ser las encargadas de impulsar el crecimiento de la productividad agrícola. El mejor ejemplo de ello es el caso del algodón. Las empresas privadas se constituyeron como los principales actores en innovación vinculada a cultivos transgénicos, y partir del desarrollo de variedades de algodón resistente a insectos se logró incrementar fuertemente la superficie cultivada, el rendimiento y, a su vez, las exportaciones de dicho cultivo (Spielman et al, 2014).

Sin embargo esto no implicó que el sector público haya dejado de participar en el financiamiento y en el diseño de políticas vinculadas al desarrollo de biotecnología agrícola. Pal et al (2012) señalan que desde el año 1996 el gasto público en I+D se ha duplicado, mientras que este país

---

variedad de berenjena bt para cultivo en Bangladesh y en el año 2014 fueron sembradas alrededor de 12 hectáreas (James, 2014).

<sup>9</sup> Esta reforma, permitió la importación de semillas y germoplasma con fines de investigación al mismo tiempo que redujo los impuestos sobre las semillas y el equipamiento necesario para su tratamiento (OCDE-FAO, 2014).

<sup>10</sup> A partir de su aplicación se permitió que las inversiones realizadas para el logro de nuevas variedades fueran capitalizadas por parte de sus obtentores (OCDE-FAO, 2014).

<sup>11</sup> Que tuvo como objetivo aumentar la producción de los principales cereales promoviendo la adopción de tecnologías modernas y de prácticas de conservación de recursos (Spielman et al, 2014).



posee, a su vez, uno de los más grandes sistemas de investigación agrícola del mundo organizado por medio del Consejo Indio de Investigación Agrícola y diversas universidades agrícolas estatales, en donde se incluye investigación en laboratorios y recursos humanos altamente calificados. Asimismo, el plan duodécimo impuesto por el gobierno indio, que se extiende desde el año 2012 hasta el año 2017, prevé una inversión pública en I+D agrícola del 1 por ciento del PBI. Así, instituciones del sector público han conseguido varios resultados vinculados a la ingeniería genética. Por ejemplo, la clonación de proteínas por parte del Centro Nacional de Investigación del Genoma Vegetal, la identificación del gen que confiere tolerancia a la sal a partir de manglares por la Fundación de Investigación MS Swaminathan, entre otros (Gadwal, 2003).

No obstante, pese a lo descripto anteriormente, en los últimos años India no ha dejado de brindar señales contrapuestas al sector privado lo cual ha cercenado el potencial inversor de dicho sector. Los problemas para la liberación comercial de la berenjena Bt vinculados principalmente con un alto grado de incertidumbre regulatoria que atraviesa de forma general a todos los desarrollos e investigaciones en cultivos transgénicos, sumados al estancamiento desde el año 2004 de la nueva Ley de Semillas orientada a mejorar los incentivos para la innovación agrícola, y el amplio mercado informal que se encuentra en el orden del 75 por ciento de las transacciones de semillas, han desincentivado y frenado las innovaciones en biotecnología agrícola por parte del sector privado (Spielman et al, 2014).

Asimismo, se observa que en India los costos de regulación sobre eventos transgénicos que deben afrontar las empresas son elevados, e incluso son mayores que en China. Una posible explicación a este fenómeno radica en el arraigado nacionalismo que existe en estos países y en el amplio rechazo hacia las empresas transnacionales que reduce su poder de *lobby* para forzar una reducción de los costos y de las normas de bioseguridad que son aplicadas. No obstante, para las empresas transnacionales esos costos no son realmente significativos, por lo que finalmente funcionan más como barreras a la entrada que impiden el acceso de empresas más pequeñas o de organizaciones públicas a la industria de semillas (Pray et al, 2006).

En conclusión, India demuestra un marcado interés en mejorar la productividad y calidad de sus cultivos debido a la importancia que implica la agricultura en su economía. Esta cuestión se evidencia, en parte, al observar los esfuerzos que el sector público realizó en materia de inversiones, incentivos y regulaciones en pos de favorecer el desarrollo de la actividad privada en este rubro y de consolidar la industria de semillas en el país. No obstante, debido a algunas debilidades institucionales que se manifiestan, por ejemplo, en la gran amplitud del mercado informal de semillas, aún no se ha conseguido maximizar los potenciales beneficios de la participación conjunta del sector público y privado.

## AUSTRALIA Y JAPÓN

El análisis de este caso resulta de interés en base a la particularidad que implican dos de las empresas de biotecnología originarias de estos países. A diferencia de los casos anteriores, tanto Australia como Japón se caracterizan por tener cada uno una empresa privada que ha dado origen a una serie de eventos transgénicos asociados al cultivo de las flores. Para el caso de Australia, Florigene Pty Ltd. ha desarrollado 15 eventos transgénicos para el cultivo de clavel, y para el



caso de Japón, Suntory Ltd. desarrolló 6 eventos que se distribuyen en 4 eventos para el clavel y 2 para las rosas. En ambos casos, también se observa una amplia difusión internacional de dichos eventos. Por un lado, Florigene Pty Ltd. ha conseguido que todos sus eventos sean aprobados en el extranjero, principalmente en Colombia y Noruega, aunque también han logrado aprobaciones en Japón, recientemente en Malasia, y en la Unión Europea (pese a que allí desde el año 2008 las autorizaciones se encuentran con pedido de renovación). Asimismo, 9 de estos eventos también fueron aprobados en Australia. Por otro lado, Suntory Ltd., también ha conseguido colocar todos sus desarrollos en el extranjero, en destinos similares a los ya nombrados: en primer término Colombia y Noruega, aunque también en destinos como Estados Unidos y Australia para los eventos transgénicos desarrollados para el cultivo de rosas.

Otro rasgo interesante de este caso radica en que todas las modificaciones genéticas introducidas por Florigene Pty Ltd. al cultivo de clavel se encuentran dirigidas a mejoras en la calidad, siendo las más importantes las que apuntan a la modificación del color de las flores y al retraso de la senescencia. En cambio Suntory Ltd., para el mismo cultivo, desarrolló eventos apilados que además del cambio en la calidad (principalmente modificación del color de la flor) también incluyen tolerancia a herbicidas, mientras que para el cultivo de rosas todos los eventos estuvieron dirigidos al cambio de color, más precisamente a lograr una rosa azul.

La empresa Florigene Pty Ltd se fundó en el año 1986, bajo el nombre de Calgene Pacífico, con el objetivo de aplicar la ingeniería genética a la floricultura. En el año 1990 Calgene Pacífico inició una empresa conjunta con Suntory Ltd. para aunar esfuerzos tanto en investigación como en desarrollo comercial, enfocándose principalmente en el desarrollo de flores de otros colores. Suntory Ltd., en cambio, no nació como una empresa de biotecnología, sino que surge en el año 1899 como una empresa de elaboración de bebidas alcohólicas. Sin embargo, esta empresa, que tiene un alto grado de internacionalización en su rubro, desde comienzos de los años noventa ha colaborado con empresas de otros sectores. Así, hacia el año 1991 los científicos de ambas empresas habían logrado aislar el gen responsable de la expresión del color azul en las petunias. En el año 1993 Calgene adquirió a su principal rival de origen holandés y un año después tomó su nombre con el objetivo de capitalizar su reputación por lo que pasó a llamarse Florigene Pty Ltd. En el año 2000, la empresa química multinacional con sede en Australia, Nufarm Ltd., adquirió Florigene Pty Ltd, y desde ese momento se consolidaron en Australia todas las actividades en investigación y desarrollo de productos. Por último, hacia el año 2003 Suntory adquirió una participación mayoritaria del capital de Florigene Pty Ltd, y en el año 2004 dieron a conocer al mundo la noticia de la creación de la primera rosa azul (Lu et al, 2003).

De esta forma, Florigene Pty. Ltd. logró insertarse de manera exitosa en el nicho de mercado de las plantas ornamentales, donde solamente los consumidores estadounidenses gastaron en el año 2006 20,8 mil millones de dólares. En este sentido, la empresa australiana, ha logrado colocar en el mercado más de 75 millones de claveles MG (Moonshadow, Moonlite y Moonshade, entre otros) en tonos que se encuentran entre el azul y el violeta, los cuales se han vendido principalmente en Australia, Japón y Estados Unidos. Los principales productores de estas flores son Australia y Colombia<sup>12</sup>. Esta empresa apuesta principalmente a la novedad del color como

<sup>12</sup> La empresa Flores Colombianas produce y exporta claveles azules MG desde el año 2000 y actualmente también se encuentra comercializando rosas azules.



forma de impulsar sus ventas, poniendo en el centro los aspectos psicológicos que se desprenden del uso de determinados colores (Potera, 2007; Eaglesham y Hardy, 2006).

La obtención de una rosa azul ha sido desde 1840 el motor de grandes cuando las sociedades hortícolas de Gran Bretaña y Bélgica ofrecieron 500.000 francos a la primera persona que lograra desarrollarla. Florigene Pty Ltd. y Suntory Ltd. lo lograron por medio de la silenciación genética para bloquear el gen de la cianidina y de la introducción del gen de delphinidina, conocido como “blue gene” obtenido de la petunia. Ambas empresas comprendieron la importancia del color azul en el mercado y particularmente en algunas culturas. El color azul está asociado a la tranquilidad, es el color del cielo y del océano, y alrededor del 20 por ciento de las personas eligen alguna tonalidad de azul como su color favorito. Es un color vinculado a lo espiritual, a la sangre real y en países como Estados Unidos, Italia y Francia se encuentra asociado al patriotismo. A su vez, es el color que celebra la llegada de bebés varones al mundo (Potera, 2007).

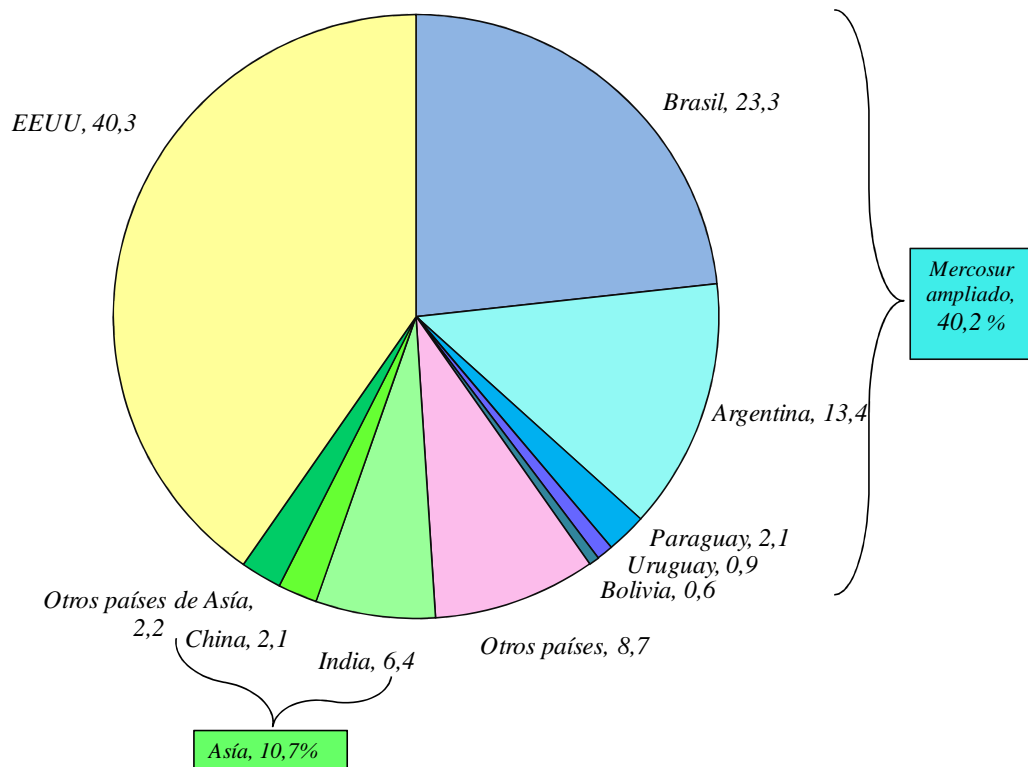
Por su parte, la rosa azul, dada la dificultad de ser encontrada en el pasado, se estableció como un símbolo del “sueño imposible”. Sin embargo, la primera rosa azul transgénica fue presentada en la Exposición Internacional de Flores (IFEX) en Tokio, Japón, en el año 2009, bajo el nombre Suntory Blue Rose Applause, y fue puesta a la venta el Día de la Cultura Japonesa con un precio 10 veces mayor al de las rosas comunes. La empresa Suntory Ltd. entiende que el precio es caro pero estas flores están dirigidas a una demanda altamente diferenciada que las consume para ser obsequiadas en situaciones especiales. Pese a su precio, en los dos primeros meses se agotaron las 6 mil flores producidas. Por lo que la empresa comenzó a ponerse objetivos de producción cada vez más altos (Frid, 2009).

Parte del éxito de las flores transgénicas se explica porque resultan más aceptadas por el público y no generan tantas controversias como el resto de los productos transgénicos, dado que no están vinculadas al consumo alimentario (Potera, 2007). A su vez, estos cultivos se encuentran aún en pleno desarrollo y tienen un importante potencial. En la actualidad, la industria de las flores cortadas genera 40 mil millones de dólares y, en particular, las rosas contribuyen en 10 mil millones a este mercado (GMO Compass, 2008).

## LA SITUACIÓN DE LOS PAÍSES DEL MERCOSUR

Las semillas transgénicas han tenido una muy amplia difusión en los países del MERCOSUR. Fuera de Estados Unidos, el país pionero en el desarrollo y uso de esta tecnología, la región de MERCOSUR ampliado (que incluye a Bolivia) es el segundo gran espacio regional del mundo en la producción de este tipo de cultivos. Como se puede apreciar en el Gráfico 5, en el año 2014 Estados Unidos fue el país con mayor superficie sembrada con cultivos transgénicos (73,1 millones de hectáreas, lo que constituye el 40,3 por ciento del área mundial). Apenas por debajo de ese número se ubica la región del MERCOSUR ampliado que, en conjunto, utilizó una superficie de 73 millones de hectáreas que representan el 40,2 por ciento del área mundial. En cambio, los países de Asia considerados en las secciones previas tienen una participación claramente inferior: India sembró en el mismo año unas 11,6 millones de hectáreas (6,4 por ciento del área mundial) y China 3,9 millones de hectáreas (2,1 por ciento del total mundial).

Gráfico 5. Superfície total sembrada con cultivos transgénicos en 2014 (millones de hectáreas y porcentajes).



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA.

Dentro del MERCOSUR, los dos países de mayor protagonismo en este tipo de cultivos fueron Brasil con 42,2 millones de hectáreas (el 23,3 por ciento del área mundial) y Argentina con 24,3 millones de hectáreas (13,4 por ciento del total mundial). Más atrás quedaron Paraguay (3,9 millones de hectáreas), Uruguay (1,6 millones de hectáreas) y Bolivia (1 millón de hectáreas). Por último aparece Chile con una superficie marginal (menos de 100 mil hectáreas).

Si se analiza el área sembrada en los países del MERCOSUR de acuerdo al tipo de cultivo MG sembrado, se verifica una enorme concentración en solo tres variedades: soja, maíz y algodón. Y, si se considera el perfil tecnológico de los rasgos introducidos en esos cultivos, también se registra una muy escasa heterogeneidad: prácticamente todos los cultivos MG sembrados en la región tienen o bien el rasgo de resistencia a insectos o el de tolerancia a herbicidas. La única excepción es Uruguay que desde septiembre de 2014 tiene dos variedades de soja aprobadas sólo para exportación, desarrolladas por Monsanto, que incluyen como rasgo apilado la modificación de la calidad del producto. No obstante, el total máximo de superficie que fue autorizado para sembrar estos eventos no supera las 2400 hectáreas.

Sin embargo, el punto más relevante a considerar, a la hora de pensar el modelo de desarrollo de la biotecnología agrícola en la región, es que esta adopción temprana de una innovación de alto impacto productivo y social, se dio sin el control de la propia tecnología. En efecto, si se analiza

quienes fueron los actores económicos que llevaron estas tecnologías al mercado en estos países, la conclusión es contundente: de los 121 eventos biotecnológicos aprobados en los cuatro países del MERCOSUR (42 en Brasil, 40 en Argentina, 25 en Uruguay y 14 en Paraguay), solo 1 corresponde a una organización de uno de los países de la región (es el caso del poroto con resistencia a virus desarrollado por EMBRAPA en Brasil) y otro fue realizado entre una multinacional y una institución pública de investigación local (se trata de una soja tolerante a herbicida desarrollado entre EMBRAPA y BASF). Como se puede ver en la Tabla 2, prácticamente el total de los eventos aprobados en la región son de propiedad de un muy acotado conjunto de empresas multinacionales que son las que dominan el negocio mundial de las semillas transgénicas tal como fue descrito más arriba. De ese total, además, solo dos empresas (Monsanto y Syngenta) concentran casi el 70 % de los eventos aprobados.

Tabla 2. Eventos transgénicos aprobados en el MERCOSUR, 1992 a 2014: por desarrollador y país.

Desarrollador/ País	Argentina	Brasil	Uruguay	Paraguay	Total eventos aprobados por desarrollador
BASF	1	1	1	1	4
Bayer CropScience	3	8	4	0	15
Dow AgroScience	3	6	3	1	13
Dow AgroScience y Dupont	1	0	1	0	2
DuPont	2	1	0	0	3
EMBRAPA	0	1	0	0	1
Monsanto	15	19	12	10	56
Syngenta	15	6	4	2	27
<b>Total eventos aprobados por país</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>121</b>

Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ISAAA.

De este modo, lo que surge como un primer rasgo estructural del modo en el que la región se integra a esta industria global es su gran capacidad para adoptar la tecnología pero no tanto para desarrollarla. El control de la tecnología, al menos hasta el momento, está en manos de seis corporaciones globales que tienen la capacidad efectiva de vincularse con los sistemas de innovación más desarrollados del mundo, desarrollar los productos y luego desplegar capacidades empresariales para explotarlos económicamente a nivel global.

Este último punto es particularmente relevante porque, al mirar un poco más en profundidad los casos del MERCOSUR, se verifica una clara asimetría entre los avances en materia de investigación básica aplicada y la capacidad efectiva para desplegar una estructura empresarial de comando que permita explotar una tecnología, no solo a nivel global, sino también a escala nacional.

En el caso de Brasil, la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), que depende del Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento (MAPA), es el actor más destacado en materia de investigación y desarrollo en cultivos transgénicos. Como ya fue mencionado, EMBRAPA tiene dos solicitudes de eventos transgénicos aprobados para fines comerciales por la



Comisión Técnica Nacional de bioseguridad (CTNBio) de ese país. El primero fue aprobado en el año 2009. Se trata de una soja resistente a un herbicida de la clase de los imidazolinonas, desarrollada en conjunto con la empresa alemana BASF. Pero el proyecto más destacado fue el desarrollo propio, aprobado por la CTNBio en el año 2011, de una variedad transgénica de poroto, conocido como EMBRAPA 5.1., que posee resistencia al virus del “mosaico dorado”. La relevancia del caso radica en que el “feijão” es un alimento de alto consumo en Brasil, pero el país no logra autoabastecerse y las variaciones en el precio de importación tienen un impacto significativo sobre el precio final del producto. La innovación se orienta a incrementar la productividad y, por lo tanto, reducir la dependencia del producto importado. Sin embargo, a pesar de su aprobación comercial, el producto no logró aún llegar al mercado por problemas que surgieron en la adaptación agronómica del cultivo en su etapa de multiplicación (ver EcoDebate, 22 de mayo de 2015<sup>13</sup>).

EMBRAPA lidera una red de investigación agro-biotecnológica, en la que se incluyen algunas de las principales universidades públicas de Brasil, empresas privadas e instituciones internacionales. Las principales líneas de trabajo de EMBRAPA son, por ejemplo, el desarrollo de plantas tolerantes al calor, a la sequía y a la salinidad del suelo. Sin embargo, el producto que tiene perspectivas de llegar más rápido al mercado es una variedad de alfalfa con mayor presencia, que en las variedades convencionales, de ácido fólico. El producto ya está siendo evaluado por la CTNBio y se espera que pueda llegar al mercado en el año 2021. Complementariamente, existen también líneas de trabajo sobre otros productos como el algodón, la soja, el maíz, la caña de azúcar, el tomate y las hortalizas.

La particularidad de EMBRAPA es que actúa como una institución pública de desarrollo y difusión de tecnología agropecuaria, pero no tiene una perspectiva de competencia con las empresas multinacionales. Al menos hasta el momento, no tiene una estrategia de explotar la tecnología a nivel global, su foco es más bien la provisión de bienes públicos para determinados problemas locales.

En el resto de los países del MERCOSUR no hay ningún caso de un evento transgénico que haya sido aprobado para su liberación comercial por la agencia regulatoria nacional de cada país. En el caso argentino, recién este año se registraron dos aprobaciones parciales (de CONABIA, la agencia regulatoria que estudia el impacto ambiental de la liberación de nuevos cultivos MG)<sup>14</sup> de eventos transgénicos desarrollados por actores locales. Se trata, en un caso, de una soja resistente a la sequía, desarrollado por el CONICET y la Universidad Nacional del Litoral, luego licenciado a Bioceres, una empresa privada nacional, para su explotación comercial. A su vez, esta firma llegó a un acuerdo con la norteamericana Arcadia Biosciences para su explotación a nivel mundial. El segundo caso es el de una papa resistente a virus, desarrollado por el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética e Ingeniería Molecular (INGEBI), del CONICET, en acuerdo con la firma TECNOPLANT, dependiente del laboratorio SIDUS, para su explotación

<sup>13</sup> <http://www.ecodebate.com.br/2015/05/22/feijao-transgenico-liberado-ha-dois-anos-esta-em-banho-maria-entrevista-com-jose-maria-guzman-ferraz/>

<sup>14</sup> Una vez que un cultivo recibe la aprobación de CONABIA aún resta esperar, para su liberación comercial, la aprobación de SENASA, que entiende en materia de seguridad alimenticia, y la decisión de política comercial del Ministerio de Agricultura de la Nación.





comercial. En ambos casos se trata de investigaciones públicas que se asocian con socios privados para su explotación económica. En el caso Argentino, además de estos dos casos, existen varias líneas de trabajo en tecnologías transgénicas, como por ejemplo, los casos de la caña de azúcar tolerante al glifosato (Estación experimental Obispo Colombres), el trigo tolerante a la sequía y salinidad (UNL, INDEAR, CONICET) y el maíz resistente al virus del mal de Río Cuarto (INTA).

## **A MODO DE REFLEXION FINAL: LA EXPERIENCIA ASIATICA Y LA CUESTON ESTRATEGICA PARA EL MERCOSUR**

Las experiencias de los países asiáticos revisadas a lo largo de este trabajo pueden brindar algunos elementos que sirvan de base para pensar, en perspectiva estratégica, las políticas de los países del MERCOSUR. Los elementos fundamentales a considerar son:

1. El caso de China como un país que está desarrollando una base propia de conocimiento en agro-biotecnología, con instituciones públicas con la capacidad de desarrollar sus propios eventos transgénicos, y de tener una marcada autonomía respecto a las tecnologías desarrolladas por las grandes empresas que dominan la actividad a nivel mundial. Es una estrategia orientada sobre todo al mercado interno, con un carácter más bien defensivo, que no cuenta, al menos hasta el momento, con una perspectiva de alcance global;
2. El caso de India se trata más bien de un caso mixto, en el que predomina, en un momento inicial, una fuerte presencia del sector público en el desarrollo de capacidades de investigación autónoma, con un segundo momento de mayor apertura hacia las empresas transnacionales, en orden de acceder a nuevas tecnologías para su desarrollo agrícola. Tampoco se verifica en este caso una estrategia más ofensiva a nivel global;
3. En el caso de Australia y Japón, se trata en realidad de la experiencia de un grupo empresarial que ha desplegado una exitosa estrategia ofensiva a nivel global que se focaliza en un nicho particular: el de las flores transgénicas. La competencia se da por fuera del núcleo de los grandes eventos dominados por las multinacionales (la soja, el maíz y el algodón) pero sin perder la perspectiva de un negocio de alcance global.

Como vimos en las páginas previas, los países del MERCOSUR, pero sobre todo Brasil y Argentina, cuentan con un alto potencial en materia de agro-biotecnológica. En efecto, se trata de una de las regiones del mundo en la que existe una gran difusión de los cultivos transgénicos aunque aún no ha logrado dominar el ciclo completo de valorización de estos productos. Avanzar en esta dirección tiene no solo altos requerimientos en el campo de la invención, en el desarrollo de un sistema de investigación básica y aplicada, sino también en materia de innovación, esto es, en la capacidad de llevar al mercado las invenciones que pueden surgir a nivel nacional o regional. Como vimos, aunque existen marcadas asimetrías en materia de invención entre los sistemas de nuestros países y los de los países más desarrollados, las diferencias parecen aún más marcadas en materia de innovación, en la capacidad efectiva para comandar a nivel global la explotación de tecnologías que requieren atravesar costosos y complejos procesos regulatorios, de gestión de la propiedad intelectual y el desarrollo de activos complementarios, como la



integración de los eventos transgénicos en germoplasma adaptado localmente o el armado de paquetes tecnológicos con otros insumos, entre otros.

Los casos asiáticos muestran algunos elementos que pueden ser útiles de considerar para pensar un proceso de cambio estructural en materia de biotecnología agrícola. En primer lugar, existe un espacio para el desarrollo de nichos globales en productos en los que las grandes multinacionales, al menos hasta ahora, no han logrado entrar, ya que tendieron a concentrarse en un pequeño puñado de cultivos y de rasgos tecnológicos. El desarrollo de eventos que operen sobre la composición del producto y, sobre todo, en la relación entre alimentación y salud, parece ser una vía de alto potencial para nuestros países. En segundo lugar, el grado de autonomía que revela el caso de China en materia de desarrollo agro-biotecnológico debe ser considerado como una condición necesaria para cualquier estrategia de cambio estructural en la región. La existencia de un mercado interno de semillas transgénicas ya consolidado y de gran dimensión, más la existencia de ciertas capacidades en materia de invención, pueden ser la base para el desarrollo de capacidades de innovación, que den mayor consistencia a una estrategia más ofensiva a nivel global. Los requerimientos político-institucionales para avanzar en una perspectiva de esta naturaleza no son menores y tal vez allí radique la principal dificultad para poder avanzar en un proceso significativo de cambio estructural.

## BIBLIOGRAFÍA

Banco Mundial (2015), recuperado el 24 de mayo de 2015, de <http://www.datos.bancomundial.org/indicador>

Byerlee, D. y Fischer, K. (2002): Accessing Modern Science: Policy and Institutional Options for Agricultural Biotechnology in Developing Countries, *World Development*, vol. 30, núm. 6, pp. 931–948.

Cohen, J. y Paarlberg, R. (2004): Unlocking Crop Biotechnology in Developing Countries – A Report from the Field, *World Development*, vol. 32, núm. 9, pp. 1563-1577.

Eaglesham, A. y Hardy, R. (2006): *Agricultural Biotechnology: Economic Growth Through New Products, Partnerships and Workforce Development*, National Agricultural Biotechnology Council.

Elum, Z.A. y Sekar, C. (2014): “An Overview of Agricultural Seeds Research in Developing Countries”, *Journal of Global Business, Economics and Finance*, vol 1, núm 1.

Frid, D. (2009): “Flores azules, un regalo original y novedoso”, disponible en <http://tecnocienciasalud.com/flores-azules>

Gadwal, V. R., (2003): “The Indian seed industry: Its history, current status and future”, *Current Science*, vol. 84, núm 3, pp.399-406.

Gale, F., Lin, W., Lohmar, B. y Tuan, F. (2002): Is Biotechnology in China’s Future?, *Agriculture Information Bulletin United States Department of Agriculture* (755), pp. 34-37.

GMO Compass (2008): “Genetic engineering of cut flowers” disponible en [http://www.gmo-compass.org/eng/news/stories/350.genetic\\_engineering\\_cut\\_flowers.html](http://www.gmo-compass.org/eng/news/stories/350.genetic_engineering_cut_flowers.html)

Gutman, G. y Lavarello, P. (2007): Biotecnología y desarrollo: Avances de la agrobiotecnología en Argentina y Brasil, *Economía: Teoría y Práctica*, núm. 27, pp. 9-39.



Hazell, P.B.R., (2010): “The Asian green revolution”, en Spielman, D.J., Pandya-Lorch, R. (eds.), *Millions Fed: Proven Successes in Agricultural Development*, IFPRI, Washington, DC, pp.25-32.

Huang, J. y Wang, Q. (2002): Agricultural Biotechnology Development and Policy in China, *AgBioForum*, Vol. 5, No. 4, pp. 122-135.

Huang, J., Hu, R., Fan, C., Pray, C. y Rozelle, S. (2002): Bt Cotton Benefits, Costs, and Impacts in China, *AgBioForum*, vol. 5, núm. 4, pp. 153-166.

James, C. y Krattiger, A.F. (1996): “Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants, 1986 to 1995: The First Decade of Crop Biotechnology”, *ISAAA Briefs* No. 1, ISAAA: Ithaca, NY.

James, C. (2014): “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014”, *ISAAA Brief* No. 49, ISAAA, Ithaca, NY.

Keeley, J. (2003): Regulating Biotechnology in China: the Politics of Biosafety, *Institute of Development Studies*, IDS Working Paper 208, pp. 1-45.

Lu, C.Y., Chandler, S.F., Mason, J.G. Y Brugliera, F. (2003): “Florigene flowers: from laboratory to market”, en I.K. Vasil (ed.), *Plant Biotechnology 2002 and Beyond*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic, pp.333-336.

OECD/FAO (2014): *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2014*, OECD Publishing. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2014-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es)

Pal, S., Rahija, M. y Beintema, N. (2012): “India: Recent Developments in Agricultural Research”, *Agricultural Science and Technology Indicators (ASTI) Country Note*, IFPRI/Indian Council of Agricultural Research, Washington, DC/New Delhi.

Potera, C. (2007): “Blooming biotech”, *Nature Biotechnology*, vol. 25, núm. 9.

Pray, C., Huang, J., Hu, R. y Rozelle, S. (2002): Five Years of Bt Cotton in China – the Benefits Continú, *The Plant Journal*, vol. 31, núm. 4, pp. 423-430.

Pray, C., Ramaswami, B., Huang, J., Hu, R., Bengali, P. y Zhang, H. (2006): Costs and Enforcement of Biosafety Regulations in India and China, *International Journal of Technology and Globalisation*, vol. 2, núm. 1/2, pp. 137-157.

Spielman, D.J., Kolady, D.E., Cavalieri, A.J. y Rao, N.C. (2014): “The Seed and Agricultural Biotechnology Industries in India: An Analysis of Industry Structure, Competition, and Policy Options”, *Food Policy*, 45: pp. 88-100.

Sztulwark, S. (2012): *Renta de innovación en cadenas globales de producción. El caso de las semillas transgénicas en Argentina*, Universidad Nacional de General Sarmiento.

Tao, Z. y Shudong, Z. (2003): “The Economic and Social Impact of GMOs in China”, *China Perspectives* [Online], núm. 47, URL: <http://chinaperspectives.revues.org/359>