

# **ECONOMIA DEL CONOCIMIENTO Y NUEVA AGRICULTURA**

**Editores**

**Arturo Barrera M.**

**Víctor Venegas V.**

**Tonci Tomic J.**

**Hernán Rojas O.**

Arturo Barrera M.

Víctor Venegas V.

Tonci Tomic J.

Hernán Rojas O.

Prólogo ..... 15

Presentación ..... 17

Nuestras Visiones y Convicciones ..... 19

1. Escenarios Agrícolas Internacionales:  
Implicancias sobre la Política de Promoción Productiva Sectorial.  
*Cristián Pabón R.* ..... 23

2. Calidad Agroalimentaria y los Desafíos de una Agricultura Mixta.  
*Alberto Niza de Zapata U.* ..... 63

3. Las Tecnologías de la Información en la Modernización  
*José Ignacio Gómez M.* ..... 83

4. La Micro y Pequeña Empresa Agrícola:  
Una ruta desde la Nueva Economía y la Industria Agroalimentaria.  
*Marcelo Miranda E.*  
*Gina Rocca J.*  
*Pablo Binelli M.* ..... 111

5. La Nueva Institucionalidad del Sector Agroalimentario:  
Una Nueva Institucionalidad para la Modernización.  
*Arturo Barrera M.* ..... 127

6. Nuevos Instrumentos de Gestión del Sector  
y de Financiamiento Agrícola.  
*Ramiro Santibáñez R.* ..... 151

7. Innovación, Desarrollo y Negocios en Agroindustria.  
*Rodrigo Herrera E.*  
*Hernán Salas A.* ..... 167

# Economía del Conocimiento y Nueva Agricultura

Ediciones  
Arturo Barrera M.  
Víctor Venegas V.  
Tonci Tomić J.  
Hernán Rojas O.

# Economía del Conocimiento y Nueva Agricultura

## **Economía del Conocimiento y Nueva Agricultura**

Editores: Arturo Barrera M.  
Víctor Venegas V.  
Tonci Tomić J.  
Hernán Rojas O.

Registro de Propiedad Intelectual N° 151.321  
I.S.B.N. 956-299-956-4

Noviembre 2005

Diseño, diagramación e impresión:  
LOM ediciones Ltda.  
Concha y Toro N° 25, Santiago  
Teléfono: 672 22 36 - Fax: 673 09 15

# INNOVACIÓN, DESARROLLO Y NEGOCIOS EN BIOTECNOLOGÍA

Raúl Herrera F.<sup>1</sup>  
Herman Silva A.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se han generado nuevos cultivares y variedades con el fin de identificar individuos con características mejoradas. Así, la domesticación de plantas para uso agrícola ha sido un proceso antiguo que ha tenido profundas consecuencias evolutivas en muchas especies, teniendo como resultado la creación de plantas orientadas a satisfacer las necesidades de consumo mediante procesos de selección y cruzamiento. La "Revolución Verde" produjo muchas variedades que se utilizan actualmente en el mundo entero, las cuales fueron generadas mediante la fertilización dirigida y la mezcla de genomas.

A pesar de los avances en el pasado, la tasa de incremento de la producción de alimentos ha ido últimamente en retroceso, ello comparando la tasa anual en los setentas de 3% y de los noventas cercana al 1% (Conway y Toennissen, 1999). Este retroceso se debe importantemente a las grandes pérdidas agrícolas producto de factores bióticos (pestes y enfermedades) ó abióticos (efecto del medio ambiente).

Cada vez más, el énfasis de mejoramiento se ha puesto en el desarrollo de nuevas variedades comerciales con capacidades de resistencia y tolerancia a enfermedades y patógenos, pero también a mejorar los rendimientos de producción y la calidad de post-cosecha. Actualmente se cuenta con plantas cuya calidad nutritiva no solo ha sido mejorada sino también con plantas que presentan resistencia a patógenos e insectos, con tolerancia a herbicidas, con retardo en el proceso de maduración y de mejor sabor, además de plantas mejoradas que acumulan metabolitos con propiedades farmacéuticas o medicinales.

1. Bioquímico (Universidad de Concepción) Ph.D. (The University of Reading, Biología Molecular Vegetal)

2. Bioquímico (Universidad de Concepción) Ph.D. (Rutgers University, Biología Vegetal)

Desde un punto de vista de nuestra agricultura, hemos avanzado insuficientemente todavía en la incorporación de la biotecnología a las distintas actividades sectoriales, existiendo la necesidad de fortalecer la investigación y desarrollo en este ámbito para así entregar mayor sustentabilidad al crecimiento del país. Esto exige, entre otras cosas, un mayor compromiso del sector privado, que ha sido la forma como los países desarrollados han aumentado sus capacidades y ejercitado las nuevas oportunidades de negocios asociadas a esta tecnología. En los últimos años, el Estado a través de fondos concursables está fomentando el establecimiento de consorcios Universidad-Empresa y de esta manera fortalece la innovación como una de las claves del crecimiento económico.

En el próximo tiempo asistiremos a un mayor uso de organismos modificados genéticamente en el mundo. Del mismo modo, las herramientas de la biotecnología ayudarán a reducir los tiempos de selección de nuevos cultivos y variedades con características superiores. Estas mismas herramientas permitirán afinar y dirigir los ensayos de terreno solo a aquellos individuos con real potencial, reduciendo concomitantemente los costos de ensayo y producción.

El presente capítulo analiza los potenciales aportes de la biotecnología al desarrollo silvoagropecuario así como las principales tareas que debiéramos enfrentar para hacer realidad la gran opción de Chile de basar su crecimiento a partir del desarrollo de la economía del conocimiento en torno a los recursos naturales.

## I.- EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA

Es importante tener presente que desde mucho tiempo se ha buscado mejorar nuestras condiciones de vida y en el caso del sistema productivo agrícola identificar y seleccionar cultivos/variedades que incrementen la producción. Así por ejemplo, la biotecnología ha tenido aplicaciones desde tiempos remotos, las cuales incluyen la producción de cerveza en tiempo de los faraones y la fabricación de pan o la preparación de caldos en vasijas para la obtención de vino.

Pero no fue sino hasta principios del siglo 20 que se tomó real conciencia de los principios que fundamentaban este tipo de procesos. Gregorio Mendel fue quien primero describió que cuando fecundaba óvulos de una planta de

arveja redonda, con polen de una planta de arveja arrugada, todos los individuos de la progenie presentaban la característica de fruto redondo. Esto mostró que los caracteres que uno adquiere están determinados por los caracteres que nos entregan los padres y existirán elementos que siempre expresarán el carácter al cual están asociados, enmascarándose otros que aparecen en otras generaciones. Estos trabajos sientan las bases de lo que hoy es la biología molecular y todo su aporte a la ingeniería genética. Por su lado, Luis Pasteur contribuía a establecer los principios microbiológicos de cuyas aplicaciones se desarrollaron técnicas de cultivos bacterianos que sentaron las bases de la industria biotecnológica y luego Fleming provocaba la revolución en el uso de sistemas biológicos al producir penicilina.

Muchos años después de la descripción realizada por Mendel, los científicos demostraron el rol que la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) jugaba en esta transmisión de la herencia. La secuencia de ADN que contiene la información para la síntesis de una proteína recibe el nombre de "gen". Un gen puede ser aislado desde cualquier organismo, se puede conocer su secuencia y por cierto, expresarlo (sintetizar la proteína que codifica) en un sistema distinto desde donde fue aislado. Estos procedimientos que dieron origen a la biotecnología molecular, son los que fundamentan la posibilidad de usar organismos eucariotes como biorreactores (verdaderas fábricas que sintetizan moléculas de interés).

Es evidente que el gran objetivo de este tipo de investigaciones radica en mejorar las condiciones de cultivos de las plantas y aumentar la producción. Aún más, el crecimiento demográfico, la necesidad de suelo para vivienda y el alto consumo de las reservas forestales, hace imperioso el encontrar cultivos que se adapten a condiciones muy variadas y adversas para su crecimiento. Ello supone, con la alta carga medioambiental que se tiene hoy, que dichos cultivos deben ser superiores en rendimiento pero usando una menor cantidad de químicos para su producción y control.

Lo que se está haciendo actualmente con la moderna biotecnología no dista de aquello que Mendel aplicó en sus experimentos hace más de dos siglos lo mismo que mucho antes los Incas, Mayas y Aztecas desarrollaron en nuestra América: seleccionar los mejores especímenes de una variedad para promover su cultivo. Más aún, la naturaleza nos aporta con productos de cruzamientos genéticos entre especies, que usamos diariamente. Entre estos, de la familia de las Brassicaceae existen especies como repollos, coliflores, bruselas, brócolis, que han sido generadas por fecundación entre especies di-

ferentes, haciendo plantas fenotípicamente distintivas. Además, la plasticidad genética que se manifiesta particularmente en vegetales provee de especies que poseen más de un par de set cromosómicos en su genoma, entre ellas vid y papa. Esto ha permitido mejorar las cualidades naturales de estas especies incrementando en muchos casos el tamaño de semillas y de la planta, siendo una estrategia frecuentemente usada por los mejoradores genéticos.

Las técnicas modernas de mejoramiento genético buscan por un lado promover cambios específicos y además determinar marcadores/elementos en el genoma con los cuales optimizar los procesos de selección. En el primero de los casos, el avance de la ingeniería genética involucra la manipulación de ADN y el traslado de genes entre individuos o especies para incentivar la manifestación de determinados rasgos genéticos. Es decir, permite aislar segmentos de ADN de un organismo, secuenciarlos e introducirlos dentro del genoma de otro (Schaper y Parada, 2001). Actualmente, mediante el uso de herramientas biotecnológicas se producen plantas transgénicas con calidad nutritiva mejorada, con resistencia a patógenos e insectos, con tolerancia a herbicidas y con retardo en la maduración de frutos y mejor sabor, así como es posible utilizar plantas mejoradas o partes de ellas que posean propiedades farmacéuticas o medicinales (Sakamoto y Matsuoka, 2004; Jobling, 2004; Dunwell y cols., 2001).

Otra aproximación de la biotecnología, es identificar marcadores genéticos con los cuales acelerar el proceso de selección. Estos marcadores son usados para seleccionar individuos dentro de la progenie que posean características mejoradas. En una primera instancia se usaron marcadores anónimos pero dado el proceso natural de recombinación génica podría darse el caso de seleccionar individuos con el marcador, pero sin el gen que participa del proceso en estudio. Esta situación ha generado la necesidad de identificar los genes que participan del proceso biológico y con esta información construir marcadores genéticos. Esta línea de investigación más reciente se conoce como genómica funcional y busca establecer la forma como se modula, controla e interrelaciona la expresión de genes.

Así, la biotecnología ha provisto de una serie de técnicas que permiten incorporar ADN a distintos tipos celulares y reconocer o identificar marcadores con los cuales acelerar el proceso de selección. Estas técnicas están siendo manejadas con éxito por distintos grupos de investigación nacionales, tanto en modelos vegetales como animales.

## II.- LOS CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

La industria biotecnológica se ha desarrollado fuertemente desde hace más de dos décadas, especialmente en países del hemisferio norte. Sin embargo, Australianos y Neozelandeses a fines de 1980 establecieron mecanismos de vinculación entre el sector privado y las Universidades o Institutos de Investigación para mejorar su posicionamiento en esta área. El área que ha alcanzado mayor desarrollo ha sido la industria farmacéutica, pero desde 1990 en adelante el área vegetal ha provisto de nuevos productos generados por esta tecnología.

En esta área, la planta transgénica de algodón y soya son los cultivos más comunes de aquellos tolerantes a herbicida en el mundo. Su importancia de uso podría incrementarse en los próximos años, en tanto los investigadores descubran nuevos genes que le permitan robustecer la tolerancia a glifosato, uno de los herbicidas más importantes comercialmente vendido como ingrediente activo. Glifosato es el compuesto activo de los herbicidas "Roundup" y "Touchdown" desarrollados por Monsanto y por Syngenta respectivamente. Sin embargo, es tóxico para todo tipo de malezas y cultivos por lo cual por mucho tiempo no fue posible utilizarlo en la agricultura. Solo después que se desarrollaron cultivos tolerantes mediante el uso de la ingeniería genética se ha incrementado el rendimiento de estos cultivos. Aproximadamente el 80% del mercado de soya y algodón en Estados Unidos son plantas que toleran este herbicida.

### 1.- La percepción de la opinión pública

La falta de información y la deficiente difusión de los adelantos científicos en el área de la biotecnología, plantas transgénicas y alimentos producidos a partir de ellas, han ayudado a que se produzca una mala percepción por parte de la opinión pública y consumidores sobre esta nueva tecnología. Entre otras razones porque creadores y defensores de estas técnicas de mejoramiento no han informado lo suficiente sobre los beneficios de los productos transgénicos.

Los alimentos genéticamente modificados (GM) generalmente son percibidos por la opinión pública como un beneficio más bien menor para los consumidores. Si el público pudiera ver o experimentar los beneficios



tangibles en la comida, las actitudes serían de mayor aceptación (Gaskell y cols., 2000; European Commission, 2000). Por su parte, las aplicaciones actuales de la tecnología transgénica han proporcionado beneficios más directos e inmediatos a empresas y agricultores, mientras que para el consumidor directo y para el beneficio ambiental han sido menos visibles (OECD, 2000).

Una encuesta hecha a consumidores de Europa demostró que más de un tercio creía que los alimentos GM alterarían sus propios genes y casi la mitad creía que las técnicas de reproducción convencional son tan efectivas como las técnicas transgénicas y que producirían resultados idénticos (European Commission, 2000). La única encuesta al consumidor existente en Chile incluye entrevistas a 300 domicilios pertenecientes a cuatro estratos sociales de la región metropolitana. En ésta se plantearon 29 preguntas a las dueñas de casa relativas a la biotecnología y los productos derivados de ella. Es interesante resaltar que un elevado porcentaje de las encuestadas (78 %) tiene una opinión negativa de la biotecnología y sus aplicaciones. Concretamente creen que esta puede afectar la salud, su vida y la de la sociedad. Esta percepción negativa es confirmada frente a la consulta sobre si comer un alimento transgénico puede producir cáncer. Un 60,3% responden afirmativamente. Esta percepción es contraria a la evidencia científica disponible hoy en día lo cual estaría indicando que los consumidores han recibido información sesgada sin base científica (Gil y cols., 2000). Comparando la aceptación pública de los chilenos con estudios realizados en países desarrollados, nuestro país ocupa el segundo lugar, después de Japón, en términos de tener una percepción pública negativa sobre el uso de alimentos transgénicos (Gil y cols., 2000).

La percepción pública es sin duda un área en donde habría que actuar para promover una opinión objetiva entre los consumidores.

La polémica que existe hoy en día sobre las modificaciones genéticas abarca una gran gama de ámbitos que van desde los éticos hasta los aspectos económicos pasando por las repercusiones medioambientales y sociales que pueden tener las plantas y los alimentos transgénicos. Sin embargo, es necesario mencionar que los riesgos más grandes de bioseguridad han provenido de especies exóticas silvestres introducidas intencional o accidentalmente en los ecosistemas agrícolas. Las plantas de cultivos (GM o de otro tipo) raramente son invasivas porque los cultivos mejorados para el uso humano por lo general no son competidores fuera de sus ambientes agrícolas bien protegidos. Los exóticos silvestres, por otra parte, pueden hacer un daño significativo si se introducen en los ambientes agrícolas en circunstancias en las cuales

los competidores naturales o las otras especies que usualmente los controlan a ellos están ausentes.

## 2.- Flujo Génico y Biodiversidad

El flujo génico solo se puede producir durante el proceso de reproducción de las plantas mediante la polinización cruzada entre cultivos modificados genéticamente y especies de malezas emparentadas o cultivos no modificados. Obviamente los riesgos de las transferencias de genes son superiores en las zonas de origen y de alta diversidad de especies ya que con la introducción de material genéticamente modificado se puede afectar al germoplasma autóctono, incluidas las malezas y las especies silvestres afines; así las consecuencias del flujo de genes dependerá de las especies cultivadas que son capaces de cruzarse con sus parientes silvestres (National Research Council, 2000). En el caso de las malezas, se sabe que ellas incorporan 5.000 veces un exceso de polen sobre los óvulos, instaurando una barrera de competencia, que sumado a la distancia de cultivo disminuye la presencia de polen del material transgénico. La transferencia de genes y el traspaso de características no deseadas a poblaciones autóctonas dependerá de la ocurrencia de la hibridación, de la persistencia del gen en la naturaleza, y si este le confiere una ventaja a la maleza. Obviamente, si no existe hibridación no se puede producir un flujo génico perjudicial (Slatkin, 1985). Otra barrera natural al flujo génico entre especies vegetales es la incompatibilidad. Ella se da entre y dentro de las especies con el fin de evitar fertilizaciones indeseadas.

Un estudio conducido por Jemison y Vayda (2000) indica que el grado de polinización cruzada entre plantas de maíz es bajo para plantas en estrecha proximidad y rápidamente descende si aumenta la distancia, sin que se presente polinización cruzada a una distancia de 300 metros. Más aun, los mejoradores genéticos saben desde hace algún tiempo que manteniendo una separación de 100 metros se puede conservar la pureza genética en un 99,9% entre dos cultivares.

Existe cierta preocupación sobre la biodiversidad de especies en las zonas en donde se introducen los cultivos genéticamente modificados, ya que se cree que los cultivos GM podrían superar a la flora y fauna y provocarían un detrimento de las especies nativas. Sin embargo, muy pocos cultivos GM puedan llegar a ocasionar este problema (Nuffield Council on Bioethics, 1999). Recientemente se ha establecido que los riesgos de transferencia de

genes desde los transgénicos es baja, pero al mismo tiempo se plantea que un problema a resolver es la baja sensibilidad de los sistemas de detección (Heinemann y Traavik, 2004).

En México se autorizó el cultivo de maíz transgénico, sin embargo, se le confinó a zonas aisladas naturalmente y donde no se reportaba la existencia de maíz nativo como medida precautoria. A pesar de lo anterior y de los resguardos que se han tomado para el cultivo de plantas transgénicas, se ha reportado el flujo génico de maíz a su pariente nativo en zonas de México con alta diversidad (Bellon y Berthaud, 2004). Esto nos llevaría a sugerir que los países pueden autorizar el cultivo de material transgénico en la medida que no exista una especie relacionada hacia donde pueda migrar el polen. En el caso de Chile es crítica la utilización de plantas de la especie Solanacea, ya que somos el centro de origen de la papa y existe en el norte de Chile la especie *Lycopersicum chilense*.

### 3.- Impactos en los costos de producción en cultivos

Los cultivos transgénicos resistentes a herbicidas, insectos y a enfermedades permiten mejorar los beneficios para los agricultores ya que requieren un menor empleo de agroquímicos y mejoran los rendimientos potenciales por hectárea respecto a las variedades no-GM puesto que se reducen las pérdidas ocasionadas por la acción de insectos y se incrementa la capacidad de los cultivos para competir con las malezas (Riley y cols., 1998; James, 1997; Hillyer, 1999). Además mejoran el manejo de los cultivos, simplifican el uso de herbicidas y pesticidas, reducen la cantidad de aplicaciones y disminuyen las tareas de detección de plagas (Hossain y cols., 2004; Krattiger, 1998; Riley y cols., 1998). Por estas razones, el potencial de la tecnología transgénica en la agricultura es bien reconocido (Ferber, 1999).

La protección por patente de las semillas transgénicas aumenta los costos de adquisición por parte de los agricultores (James, 1997; Hillyer, 1999), alcanzando una cuota de un 35% con respecto al precio de la semilla convencional (UE, 2000). Por otra parte, los agricultores deben utilizar ciertos agroquímicos y vender la totalidad de las semillas producidas, con la imposibilidad de utilizar los granos para la siembra del próximo período. A pesar de lo anterior, la rentabilidad de los cultivos GM en promedio son mayores que las obtenidas con variedades No-GM (James, 1997 y 1998; Riley y cols., 1998) puesto que la diferencia se establece entre otros factores, por: cantidad

de agroquímicos necesarios, dosis del agroquímico, nivel de presencia de la plaga, malezas y el mayor precio de venta del cultivo. Las ventajas que presentan las variedades no transgénicas, suelen verse compensadas por el menor costo de agroquímicos y el mayor rendimiento de las variedades transgénicas. Esta diferencia varía en relación directa al nivel de presencia de la plaga o malezas haciendo variar la productividad por unidad de superficie (Schaper, 2001). Además, en la medida que la tecnología se centre en la incorporación de atributos de calidad del producto para el consumidor, puede producir cambios en la función de la demanda e inducir un aumento en los precios (UE, 2000).

Phipps y Park (2001) afirman que si la mitad de los cultivos europeos fuesen transgénicos la UE ahorraría 20,5 millones de litros de combustible, se reduciría el área fumigada con pesticidas en más de siete millones de hectáreas, con un notable beneficio medioambiental. Al mismo tiempo, estudios de costos en Argentina determinaron que el uso de material transgénico logró bajar los costos de producción de soja entre un 15 y un 20% (Arentsen, 2002). Por su parte en USA, los cálculos reflejan un rendimiento favorable a la Soja transgénica de un 50% (USDA, 1999).

En el caso de la remolacha azucarera, la resistencia a glifosato disminuye en promedio de 4 a 2.5 el número de aplicaciones, a su vez utiliza un 23% menos de herbicidas, presenta una mayor eficacia en el control de malezas gracias al amplio espectro del glifosato y permite manejar las malezas solo con un ingrediente activo. También disminuye el número de escardas manuales y presenta flexibilidad en cuanto a la época de aplicación (Arentsen, 2002).

Este mismo estudio indica que el costo adicional de la semilla del maíz Bt comparado con la semilla del maíz convencional fue en 1997 de aproximadamente US \$ 25/ha y de US \$ 20/ha en 1998. Este tipo de maíz (Bt), permite hacer frente a insectos lepidópteros y especialmente al taladrador europeo del maíz, el que a nivel mundial ocasiona pérdidas de 15-20% de las cosechas (OECD, 2000). Recientemente se ha determinado que la rentabilidad en el uso de maíz transgénico es de 8,5 veces superior con respecto del capital de trabajo marginal invertido (Vallone y cols., 2000). Adicionalmente, se ha estimado que la incorporación de maíz Bt en 1996 generó una ganancia de 15.5 millones de euros, 2/3 de los cuales fueron obtenidos directamente por los agricultores españoles y el resto ha ido en beneficio de las empresas de semillas (Demont y Tollens, 2004).

En Chile los retornos por el uso de maíz transgénico se estima que serían mucho menores, influidos enormemente por el tipo de práctica de cultivo empleada que considera las mismas aplicaciones que para aquellas plantas no transgénicas (Díaz y cols., 2004).

### III.- OPORTUNIDADES PARA LOS NEGOCIOS BIOTECNOLÓGICOS

Las herramientas biotecnológicas no solo se restringen a la generación de plantas modificadas genéticamente. En este sentido, existe además un conjunto de otras aplicaciones que analizaremos en este acápite.

Un área interesante de desarrollo lo presenta la fitorremediación, que es el uso de material vegetal o bacterias como absorbentes y acumuladores de contaminantes químicos. Las investigaciones se han orientado a buscar en especies vegetales anuales esta capacidad, pero también se están usando árboles con capacidad de absorción de minerales. El uso de esta estrategia requiere mayor información científica, pues la capacidad de las plantas de incorporar minerales del suelo y acumularlos en las vacuolas está determinada genéticamente y depende de proteínas de membrana. Por ello, es necesario realizar estudios para comprender de mejor manera el proceso de incorporación de minerales y así incrementar esta capacidad en las plantas, además de utilizar especies que no pierdan sus hojas en otoño o que la acumulación de estos contaminantes sea en otros órganos vegetales (Agostini y cols., 2003; Glick, 2003).

Del mismo modo como las plantas pueden ser acumuladores de elementos contaminantes, también pueden ser usadas como bioindicadores del daño que estos agentes tóxicos producen a las células eucarióticas. Un claro ejemplo lo constituyen las plantas transgénicas construidas para determinar el daño por polución nuclear a causa del accidente de Chernobil (Kovalchuk y cols., 1998). En este caso se usó la planta *Arabidopsis thaliana* que contenía como marcador el gen de  $\beta$ -glucoronidasa para así monitorear las alteraciones genéticas en poblaciones vegetales. Se determinó una alta frecuencia de aberraciones cromosomales, que presentaba una correlación directa con la dosis de la radiación ionizante.

En Chile dos experiencias interesantes han buscado describir los efectos de radiaciones. Por un lado, presentado en el marco de una iniciativa Explora (CONICYT) alumnos de un colegio secundario crecieron plantas de ajo a

una distancia de antena de celulares, otro grupo de plantas (genéticamente idénticas) fueron mantenidas como control y no sometidas a radiación. Mediante marcadores genéticos se determinó que las plantas sometidas a radiación presentaron un mayor grado de diversidad genética. Por otro lado, dentro de los proyectos desarrollados por el Centro Regional del Cuaternario (iniciativa CONICYT-Gobiernos Regionales) se están estudiando los efectos que la radiación ultravioleta produce sobre las plantas, particularmente especies que crecen en la XII Región. La combinación de análisis químico y de marcadores genéticos ha permitido determinar que flavonoides son acumulados por efecto de la radiación UV-B, así como marcadores genéticos anónimos han permitido determinar el grado de diversidad que las plantas presentan luego de la exposición (Cuadra y cols., 2004). Este tipo de compuestos cumplen un rol preventivo como antioxidantes y su consumo se ha popularizado por esta propiedad.

La utilización de células como reactores biológicos (bioreactores) es otra área de enorme potencial. Esta estrategia se sostiene en la capacidad de síntesis de compuestos o metabolitos por parte de la maquinaria celular. No solo se piensa en sistemas de cultivo celulares para la producción, también lo pueden ser organismos completos ya sea de plantas o animales. En este sentido cobra real relevancia la identificación de fármacos o compuestos con potencial uso en la agroindustria, pero más interesante es la identificación de estos nuevos compuestos en plantas nativas de las cuales no se tiene mucha información (Fischer y cols., 2004; Ma y cols., 2003).

Hoy es posible la producción de proteínas con potencial uso farmacéutico en humanos y animales. El uso de vegetales en la producción de éstas se fundamenta en el hecho que su costo de producción es mucho menor que el uso de otras estrategias. Algunas de las proteínas producidas en plantas incluye: antígeno de *Streptococcus*, antígeno de hepatitis B, entero tóxina de *E. coli*, colágeno humano,  $\alpha$ -interferon entre otras. Las especies vegetales usadas en la producción de estas proteínas incluyen tabaco, zanahoria, tomate, maíz, papa, alfalfa, soya y arroz (Paterson y Arntzen, 2004).

Esta estrategia de producción nos conduce a una época de trabajo en granjas moleculares (molecular farming). Sin embargo, se debe tener presente que la gran ventaja del uso de plantas transgénicas es el relativo bajo costo en producciones a gran escala. En este sentido, se ha estimado que la producción de proteínas recombinantes en vegetales es 2-10% menor en costo que el uso de síntesis de fermentación microbiana (Twyman y cols., 2003).

En canola se ha intentado manejar la acumulación de ácidos grasos de cadena larga. Este tipo de macromoléculas se utiliza en la producción de aceites y jabones. Ácidos grasos de cadena muy larga (con un número mayor de 30 átomos de carbono) pueden ser usados como materia prima para la producción de derivados del petróleo. Si bien se han logrado plantas transgénicas con ácidos grasos largos, su acumulación en la célula no ha sido la adecuada, presentando las plantas un fenotipo alterado y un bajo rendimiento.

Dada la compleja respuesta que se tiene de los sistemas biológicos, hoy es fundamental conocer la manera como se produce la respuesta celular a nivel molecular. Es por ello que un área de importancia actual lo constituyen los estudios del genoma. Esta iniciativa busca conocer el tipo de interacciones a nivel molecular que se producen en los organismos biológicos y entender como se podría controlar o modificar un proceso en particular. Real relevancia tiene para Chile una profundización de estudios de este tipo pues ello no solo permitirá conocer puntos claves de los procesos, sino también identificar individuos con características superiores los cuales puedan ser seleccionados y acortar con ello el tiempo para ser utilizados por el sector productivo. Por ello, es necesario que se fortalezcan los trabajos en esta área del conocimiento debiendo necesariamente abrirse hacia otras especies, especialmente nativas donde se tiene claras ventajas comparativas pues presentan oportunidades de desarrollo por sus particularidades propias.

El mundo forestal busca acortar sus tiempos de selección e identificar individuos que presenten características de mejor calidad de madera (para la industria de la madera) o menor cantidad de lignina (para la industria papelera). Esto se ha intentado por la construcción de árboles transgénicos donde se controlan genes que participan en la síntesis de lignina, sin embargo, las células formadoras de madera modifican su expresión tratando de compensar la carencia de la macromolécula que ha sido intervenida, presentándonos un problema adicional a resolver. Así, cobra mayor relevancia conocer molecularmente los procesos biológicos utilizando la estrategia de la genómica y la bioinformática.

Las herramientas de la biotecnología son particularmente importantes para establecer sistemas de diagnóstico de enfermedades y pestes. No solo para enfermedades de humanos, sino también para realizar un diagnóstico asertivo en plantas y animales. La detección temprana permitiría el ahorro de cuantiosos recursos y reduciría la aplicación de químicos contaminantes am-

bientales. Esta es un área donde algunas empresas de capital nacional ya han podido aplicar la nueva tecnología y promover el servicio al sector privado. En esa misma línea la determinación de la identidad genética permite el establecimiento de cuarteles más homogéneos y por ende asegurar un mejor rendimiento de los cultivos, permitiendo una mayor optimización en el uso de los recursos.

No es menor en este sentido que la expresión de genes se debe realizar en tejidos específicos. Esta condición biológica se consigue después de conocer los elementos que permiten esta regulación particular. Los elementos que controlan la expresión de genes son llamados secuencias promotoras y dado el interés por conseguir expresiones específicas, este tipo de secuencias pueden ser identificadas y utilizadas como sistemas de transformación. La búsqueda de promotores es uno de los objetivos de los programas de genoma y si ellos son identificados en especies vegetales nativas son susceptibles de patentamiento.

Los fenómenos de post cosecha de la fruta son otra área interesante de investigación y de la cual es posible obtener mayores beneficios económicos. Encontrar soluciones a problemas como "bitter pit", harinosidad, carencia de aroma, escaldado o color usando herramientas biotecnológicas permitirá posicionar un producto particular para mercados específicos y al mismo tiempo mejorará la calidad de nuestros productos exportables. Al respecto, solo un programa de mejoramiento genético propio hará sostenible en el tiempo el desarrollo frutícola chileno en el futuro.

El desarrollo de nuevas variedades es quizás el de mayor potencial. En este sentido, hay un número importante de especies nativas que no han sido manejadas con criterio de mejoramiento. Más aún, aquellas especies utilizadas por el sector productivo están en su período máximo de uso y países que han puesto énfasis en el mejoramiento están en condiciones de incorporar estas nuevas variedades con características superiores a las anteriores. Es interesante observar el desarrollo de países como Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica en estos aspectos, pues en una década fueron capaces de mejorar sus condiciones e introducir nuevos productos en el mercado. Los tratados de libre comercio firmados por Chile en los últimos años harán exigible el pago de royalties por el uso de variedades que actualmente se ocupan en la industria de la fruticultura. Esto hace más relevante el obtener nuevas variedades en el país ya sea por mejoramiento tradicional, mejoramiento asistido por marcadores moleculares o por el uso de la transformación génica.



#### IV.- DESAFIOS DEL DESARROLLO BIOTECNOLÓGICO EN CHILE

Existen en el país diversas empresas biotecnológicas que se han formado para emprender distintas iniciativas en este ámbito. Quienes han gestado estas empresas son académicos ligados a Universidades e investigadores de Institutos de investigación del Estado. Estas empresas se han centrado inicialmente en la producción de anticuerpos y sistemas de diagnóstico, los cuales hoy están siendo exportados al mundo. La principal fuente de recursos para su desarrollo la han encontrado en CORFO a través de los fondos FONTEC y en menor medida por acceso a fondos de CONICYT (Ministerio de Educación).

En términos de investigación se han desarrollado importantes proyectos de producción de transgénicos con recursos de FONDEF, FDI (CORFO) y FIA (Ministerio de Agricultura). Los proyectos han sido liderados por investigadores de INIA, Universidad Católica, U. de Chile, U. de Talca y desarrollados en asociación tanto con empresas, grupos de empresas, Fundación Chile o empresarios individuales. El listado de plantas a ser modificadas incluyen: papa (la primera planta transgénica producida en el país) resistente a *Erwinia*; pino con genes Bt; orquídea con genes de floración; manzanos resistentes a venturia; pino con genes que modifican la síntesis de lignina; vides con resistencia a *Botrytis cinerea*.

Las últimas dos grandes iniciativas ligadas al ámbito de la investigación e innovación en los últimos años ha sido el Programa Genoma y el Programa Bicentenario. El primero de los cuales financió tres iniciativas de genoma, cuyo llamado de concurso fue en los temas de post-cosecha y fitopatología, sancionándose dos en vides y uno en nectarines. Estos proyectos se encuentran en ejecución y fortalecerán la infraestructura científica con tecnología de punta. Sin embargo, este programa no cuenta con fondos de continuidad, lo cual hace complicado la sustentabilidad de los proyectos y la concreción de resultados precisos para las especies en estudio.

El Programa Bicentenario, por su parte, ha focalizado sus recursos en financiar consorcios y los cuantiosos montos invertidos posibilitarán la participación de empresas o grupos de ellas con clara visión del aporte de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de las mismas. Esta iniciativa iniciada el año 2004, recoge algunas de las propuestas realizadas por la Comisión Nacional de Biotecnología (2003).

Esta misma Comisión propuso modificar la regulación vigente en relación a los cultivos transgénicos la que permite exclusivamente la producción de semillas para la exportación. La modificación de esta política permitiría la liberación comercial de cultivos transgénicos asumiéndose el criterio de la cautela y del análisis caso a caso. Ello, como lo exige la Convención de Diversidad Biológica, se propone se realice en el marco de las debidas evaluaciones de riesgo y las correspondientes medidas de bioseguridad para garantizar el uso seguro de los productos derivados de esta tecnología, tanto para el consumidor como para el medio ambiente.

Para una economía abierta como la chilena que basa su dinamismo agropecuario en las exportaciones, el criterio de la cautela significa realizar un monitoreo permanente de las preferencias de los consumidores de los mercados más importantes en relación a los alimentos transgénicos y evaluar las eventuales externalidades negativas en el ámbito comercial de una mayor producción de cultivos genéticamente modificados. En este contexto, los principales argumentos a favor de un cambio de la política de cultivos transgénicos han sido la reducción de los costos de producción en los rubros en que se utilice, evitar la pérdida de alguna de nuestras ventajas comparativas que se estarían produciendo con la aplicación de esta tecnología por parte de países competidores, y el potencial aporte de la transgenia en el mejoramiento de la calidad de productos y procesos (Barrera, 2004).

Una incorporación gradual de cultivos transgénicos en Chile debe implementarse garantizando el desarrollo de una agricultura mixta, en la cual la agricultura orgánica, la agricultura convencional y la agricultura transgénica coexistan. Existen países en que ello así ocurre, e incluso la Unión Europea en el marco del término de su moratoria ha abierto un intenso debate sobre este tema y ha orientado para que cada país cuente con leyes nacionales que garanticen la coexistencia. El desarrollo de una política para el ejercicio de los distintos tipos de agriculturas tiene una relevancia central para que la apuesta por una agricultura mixta sea posible y así se realice en plenitud el potencial agrícola chileno. Este desafío exige invertir crecientemente en investigación y en la formación de recursos humanos en estos ámbitos, así como desarrollar los necesarios mecanismos de trazabilidad y de información a los consumidores (Barrera, 2004).

La actual legislación adolece de varios vacíos en lo que a biotecnología se refiere. Hoy expresamente no son patentables los descubrimientos, de las variedades vegetales ni de las razas animales. Se ha discutido el derecho a

patentar genes por parte de investigadores sin que exista una postura definitiva. Sin embargo, se ha planteado que “los genes, cualquiera sea su origen, ya sea de microorganismos, de plantas, mamíferos (incluyendo humanos), pueden ser patentados siempre y cuando tengan una función conocida y generen un quehacer industrial” (Informe Comisión Nacional de Biotecnología, 2003).

Actualmente en Chile se discute un proyecto de ley que estudia la prohibición de patentar genes. De aprobarse, no será posible patentar: los seres vivos o parte de ellos en su estado natural, los procesos biológicos naturales, el material biológico existente en la naturaleza o aquel que pueda ser aislado inclusive del genoma o germoplasma de cualquier ser vivo. Esto es diferente a lo que ya es norma en Europa (Directiva 98/44/CE) donde el material biológico puede ser patentado aunque apenas haya sido aislado porque se considera que este aislamiento constituye una invención y no un descubrimiento.

Es claro que la inversión en ciencia y tecnología se ha logrado con el aporte mayoritario del Estado; sin embargo, la sustentabilidad del desarrollo requiere un aporte mayor del sector privado el cual hoy día se encuentra en una proporción muy por debajo a la observada en economías de países como Finlandia, Nueva Zelandia, Corea, Irlanda y los grandes países desarrollados. En efecto, mientras en Chile la empresa privada financia solo el 28% de la inversión en investigación y desarrollo en los países desarrollados financia el 68%.

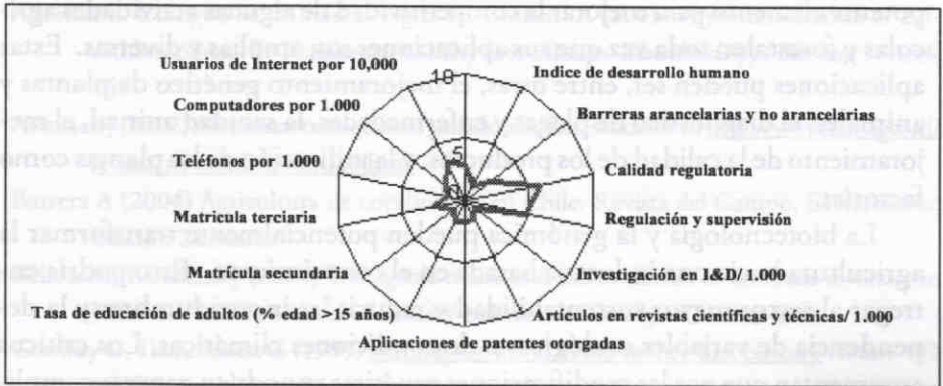
Chile carece de una política clara de protección a la innovación y patentamiento lo cual conlleva un desincentivo a proteger los productos de innovación. Por otro lado, las políticas del Estado de resguardar los resultados científicos también atentan contra la posibilidad de que investigadores y universidades inicien estos procesos. Adicionalmente al hecho de lo engorroso que resulta pasar por todo el proceso de protección.

En el último tiempo se han iniciado diversos e interesantes programas de financiamiento a la investigación científica, pero aún estamos lejos de llegar al óptimo al compararnos con países del hemisferio norte. La gráfica obtenida de la base de datos del Banco Mundial muestra al país (en rojo) bien posicionado en términos de regulación, pero muy por debajo del 50% en temas de investigación, desarrollo humano, publicaciones científicas, patentes y muy especialmente educación (Fig. 1). Si bien la situación del país es destacada a nivel latinoamericano y con aquellos países de ingresos entre 2.900

y 9.200 dólares per cápita, es claro que tópicos como investigación, publicaciones, aplicaciones de patentes y educación son aspectos que requieren la mayor atención en los próximos años.

Figura N° 1

Comparación relativa de Chile con países de alto desarrollo.



Fuente: Banco Mundial.

La inversión en recursos humanos, la incorporación de nuevas tecnologías y la generación de verdaderos grupos de trabajo multidisciplinarios promoverá un mayor desarrollo en las áreas que muestran mayores carencias. La decisión de focalizar los recursos públicos de innovación en los recursos naturales fortalecerá una base de crecimiento que presenta ventajas frente a otras alternativas de desarrollo. Dicho de otro modo, esto favorecerá en el país el desarrollo de la economía del conocimiento en torno a los recursos naturales. (Eyzaguirre, 2004).

Una política de desarrollo biotecnológico para el sector silvoagropecuario debe encauzarse en claros principios orientadores como son la búsqueda del desarrollo sustentable y responsable; la transparencia y participación de la sociedad civil; decisiones regulatorias basadas en evidencia científica; cumplimiento de compromisos internacionales; respeto a las diferentes opciones valóricas y éticas existentes en la sociedad; y equidad en el acceso a los recursos, conocimientos y aplicaciones tecnológicas por parte de los distintos actores productivos, entre ellos la agricultura campesina.

## V.- CONCLUSIONES

Así como tuvimos la revolución verde en la segunda mitad del siglo pasado, los recientes avances en el análisis del genoma y la biotecnología vegetal nos han incorporado en la segunda revolución verde, con base en la ingeniería genética. No cabe duda que la biotecnología moderna constituye un potente elemento para mejorar la competitividad de algunas actividades agrícolas y forestales, toda vez que sus aplicaciones son amplias y diversas. Estas aplicaciones pueden ser, entre otras, el mejoramiento genético de plantas y animales, el diagnóstico de plagas y enfermedades, la sanidad animal, el mejoramiento de la calidad de los productos, y la utilización de las plantas como factorías.

La biotecnología y la genómica pueden potencialmente transformar la agricultura hacia una industria basada en el conocimiento. Esto podría entregar al sector mayor sustentabilidad y reducir las incertidumbres y la dependencia de variables ecológicas o de condiciones climáticas. Los críticos argumentan que por las modificaciones genéticas se podrían generar complicaciones como las super-malezas o alimentos tóxicos. Sin embargo, las investigaciones científicas en nuevos campos nunca están libres de riesgos, pero con regulaciones estrictas, precaución y diligencia científica, monitoreo cuidadoso y constante se pueden prevenir eventuales desarrollos adversos.

Es claro entonces que en una mirada de mediano plazo se debe: (a) aumentar la inversión en ciencia y tecnología; tanto pública como privada; (b) fortalecer la formación de recursos humanos; (c) ampliar y consolidar la asociación de los distintos actores; (d) mejorar la coordinación e intercambio de información entre los distintos programas de fondos de financiamiento en investigación y tecnología; (e) desarrollo de variedades nacionales en el ámbito frutícola e investigación de nuestros recursos genéticos nativos; y f) fortalecimiento del trabajo público-privado. La iniciativa del Programa Bicentenario relativa a la estructuración de Consorcios Tecnológicos se inscribe muy bien en el desafío de lograr una participación más activa del sector privado.

La nueva agricultura que empieza a consolidarse en estos años en Chile tiene una gran oportunidad en la biotecnología. Es responsabilidad del Estado generar los marcos regulatorios e institucionales para que con inteligencia y responsabilidad se aprovechen las distintas aplicaciones que de este ámbito tecnológico se deriven y del conjunto de la sociedad para que se amplíen las capacidades de utilización de todos los actores sectoriales, incluida la peque-

ña agricultura, y de esa forma lograr que la biotecnología también haga su aporte al crecimiento con equidad.

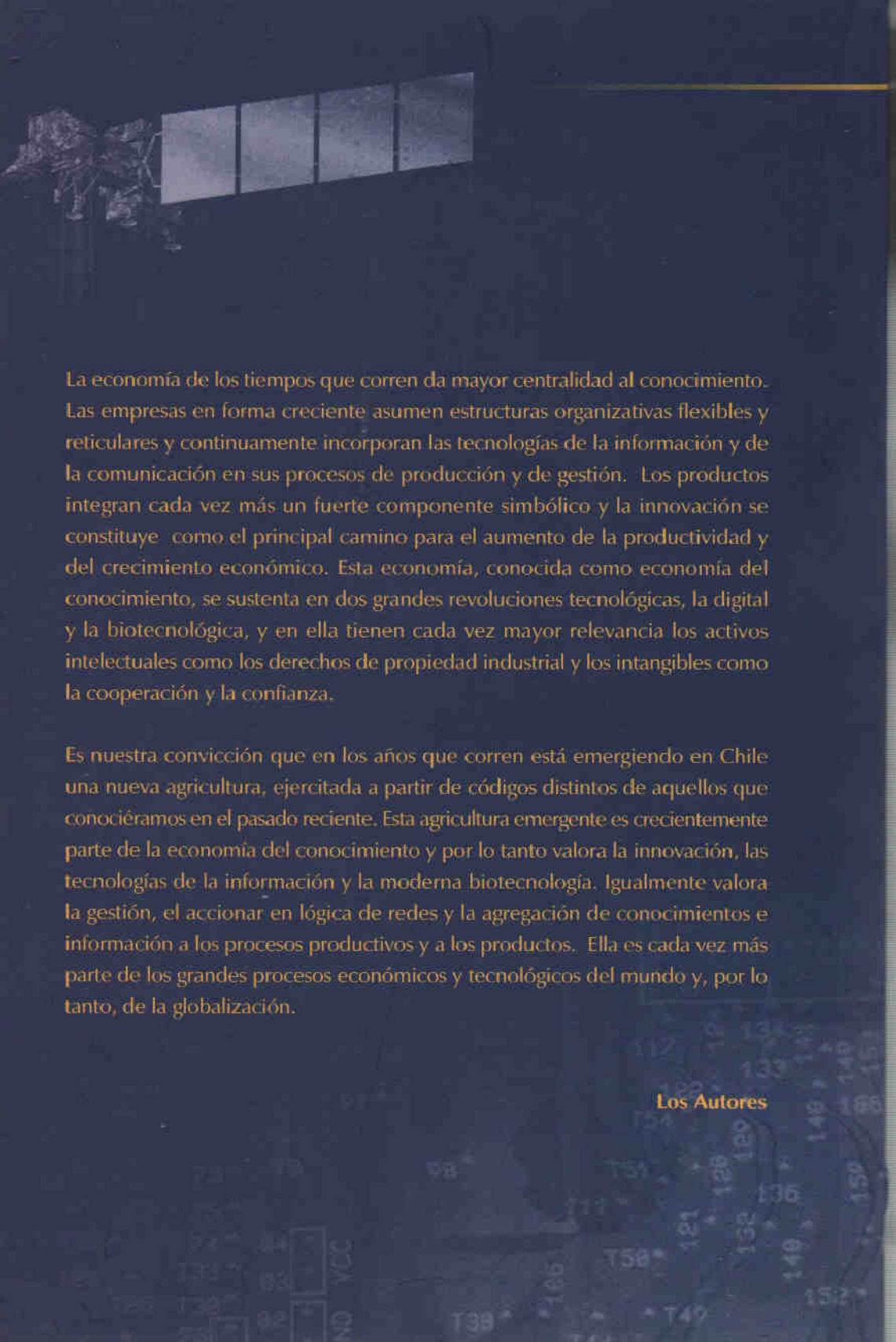
## BIBLIOGRAFÍA

- Agostini E, Coniglio M, Milrad S, Tigier H, Giulietti A (2003) Phytoremediation of 2,4-dichlorophenol by *Brassica napus* hairy root cultures. *Biotechnol Appl Biochem* 37:139-144.
- Arentsen J (2002) Alimentos transgénicos ¿miedo a lo desconocido? en <http://www.iansagro.cl/revista/noviembre/nov010.htm>
- Barrera A (2004) Agricultura de coexistencia en Chile. Revista del Campo, El Mercurio. Edición 22 Marzo.
- Bellon M, Berthaud J (2004) Transgenic maize and the evolution of landrace diversity in México. The importance of farmers' behavior. *Plant Phys.* 134:883-888.
- Conway G, Toenniessen G (1999) Feeding the world in the twenty-first century *Nature* 402 (6761): Supplement C55-58.
- Cuadra P, Herrera R, Fajardo V (2004) Effects of UV-B radiation on the patagonian *Jaborosa magellanica* brisben. *PhotoChem. and Photobiol. B.* 76: 61-68.
- Demont M, Tollens E (2004) First impact of biotechnology in the EU: Bt maize adoption in Spain. *Ann. Appl. Biol.* 145:197-207.
- Díaz Osorio J, Herrera R, Valderrama J, Llanos Ascencio J (2004) Potencial changes in the competitiveness of Maize growers in Central Chile through the use of transgenic seeds (Bt and RR). *Spanish J. of Agricul. Res.* 2:145-156.
- Dunwell J, Moya-León MA, Herrera R (2001) Transcriptome analysis and crop improvement *Biol. Res.* 34:153-164.
- European Commission (2000) Europeans and biotechnology, a complex relation. Disponible en: <http://europa.eu.int/comm/research/press>
- Eyzaguirre N (2004) Exposición sobre el estado de la Hacienda Pública. Octubre 2004.
- Ferber D (1999) GM crops in the cross hairs. *Science.* 286:1662-1666.
- Fischer R, Stoger E, Schillberg S, Christou P, Twyman R (2004) Plant-based production of biopharmaceuticals. *Current Opinion in Plant Biol.* 7:152-158.
- Gaskell G, Allum N, Bauer M (2000) Biotechnology and the European public. *Nat Biotechnol.* 18:935-938.
- Gil L, Martínez V, Irrazabal C, Martínez C (2000) Aceptación pública de la biotecnología y de los alimentos transgénicos. *Ambiente y desarrollo* 17:52-58.

- Glick B (2003) Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. *Biotechnol Adv.* 21:383-393.
- Heinemann J, Traavik T (2004) Problems in monitoring horizontal gene transfer in field trials of transgenic plants. *Nature Biotech.* 22:1105-1109.
- Hillyer G (1999) Biotechnology offers U.S. farmers promises and problems. *AgBioForum* 2:99-102.
- Hossain F, Pray C, Lu Y, Huang J, Fan C, Hu R (2004) Genetically modified cotton and farmers' health in China. *Int. J. Occup. Environ. Health* 10:296-303.
- Informe Comisión Nacional de Biotecnología (2003). Ministerio de Economía. Disponible en: <http://www.minecon.cl/biotecnologia>
- James C (1998) Update in the development and commercialization of genetically modified crops. ISAAA Briefs 5:1-20. Ithaca, NY.
- James R (1997) Utilizing a social ethic toward the environment in assessing genetically engineered insect-resistance in trees. *Agriculture and Human Values* 14: 237-249.
- Jemison J, Vayda M (2000) Pollen transport from genetically modified corn. Disponible en: [http://www.umaine.edu/waterquality/pollen\\_transport.htm](http://www.umaine.edu/waterquality/pollen_transport.htm).
- Jobling S (2004) Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biol.* 7:210-218.
- Khush G (1999) Green revolution: preparing for the 21st century. *Genome* 42:646-655.
- Kovalchuk I, Kovalchuk O, Arkhipov A, Hohn B (1998) Transgenic plants are sensitive bioindicators of nuclear pollution caused by the Chernobyl accident. *Nature Biotech.* 16:1054-1059.
- Krattiger A (1998) The importance of ag-biotech to global prosperity. ISAAA Briefs N° 6.
- Ma J, Drake P, Christou P (2003) The production of recombinant pharmaceutical proteins in plants. *Nat. Rev. Genet.* 4:794-805.
- National Research Council (2000) Genetically modified pest-protected plants: science and regulation. Washington, DC: National Academy Press.
- Nuffield Council on Bioethics (1999) Genetically modified crops: the ethical and social issues. London, United Kingdom: Nuffield Council on Bioethics.
- OCDE (2000) Modern Biotechnology and Agricultural Markets: A discussion of selected issues.
- Paterson R, Arntzen C (2004) On risk and plant based biopharmaceuticals. *Trends in Biotechnology* 22:64-66.
- Phipps R, Park J (2001) Environmental benefits of genetically modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use *Journal of Animal and Feed Sciences* 11 (1): 1-18.

- Riley PA, Hoffman L, Ash M (1998) U.S. farmers are rapidly adopting biotech crops. *Agricultural Outlook* 253: 21-24.
- Sakamoto T, Matsuoka M (2004) Generating high-yielding varieties by genetic manipulation of plant architecture. *Current Opinion in Biotechnology* 15:144-147.
- Schaper M (2001) Costos y beneficios económicos de los transgénicos en la agricultura. Bolivia, división de recursos humanos y medio ambiente, CEPAL. Disponible en <http://www.ibce.org.bo/ComExt/comex95B.htm>.
- Schaper M, Parada S (2001) Organismos genéticamente modificados: su impacto socioeconómico en la agricultura de los países de la Comunidad Andina, Mercosur y Chile, Medio ambiente y desarrollo N° 43, serie CEPAL.
- Slatkin M (1985) Gene flow in natural populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 16:393-430.
- Twyman R, Stoger E, Schillberg S, Christou P, Fischer R (2003) Molecular farming in plants: host systems and expression technology. *Trends in Biotechnology* 21:570-578.
- UE (2000) Directorate-General for Agriculture. "Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector, Working Document Rev. 2
- USDA (1999) Genetically Engineered Crops for Pest Management. Economic Research Services (ERS).
- Vallone P, Gudelj V, Galarza C (2000) Primera evaluación técnico económica de los maíces transgénicos: Fechas de siembra de maíz común y maíz transgénicos Bt. Campaña 1999/2000. EEA INTA. en <http://www.unagauchada.com/html/agricultura/maiz/1erevalmaiztransg.htm>





La economía de los tiempos que corren da mayor centralidad al conocimiento. Las empresas en forma creciente asumen estructuras organizativas flexibles y reticulares y continuamente incorporan las tecnologías de la información y de la comunicación en sus procesos de producción y de gestión. Los productos integran cada vez más un fuerte componente simbólico y la innovación se constituye como el principal camino para el aumento de la productividad y del crecimiento económico. Esta economía, conocida como economía del conocimiento, se sustenta en dos grandes revoluciones tecnológicas, la digital y la biotecnológica, y en ella tienen cada vez mayor relevancia los activos intelectuales como los derechos de propiedad industrial y los intangibles como la cooperación y la confianza.

Es nuestra convicción que en los años que corren está emergiendo en Chile una nueva agricultura, ejercitada a partir de códigos distintos de aquellos que conociéramos en el pasado reciente. Esta agricultura emergente es crecientemente parte de la economía del conocimiento y por lo tanto valora la innovación, las tecnologías de la información y la moderna biotecnología. Igualmente valora la gestión, el accionar en lógica de redes y la agregación de conocimientos e información a los procesos productivos y a los productos. Ella es cada vez más parte de los grandes procesos económicos y tecnológicos del mundo y, por lo tanto, de la globalización.

**Los Autores**