



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

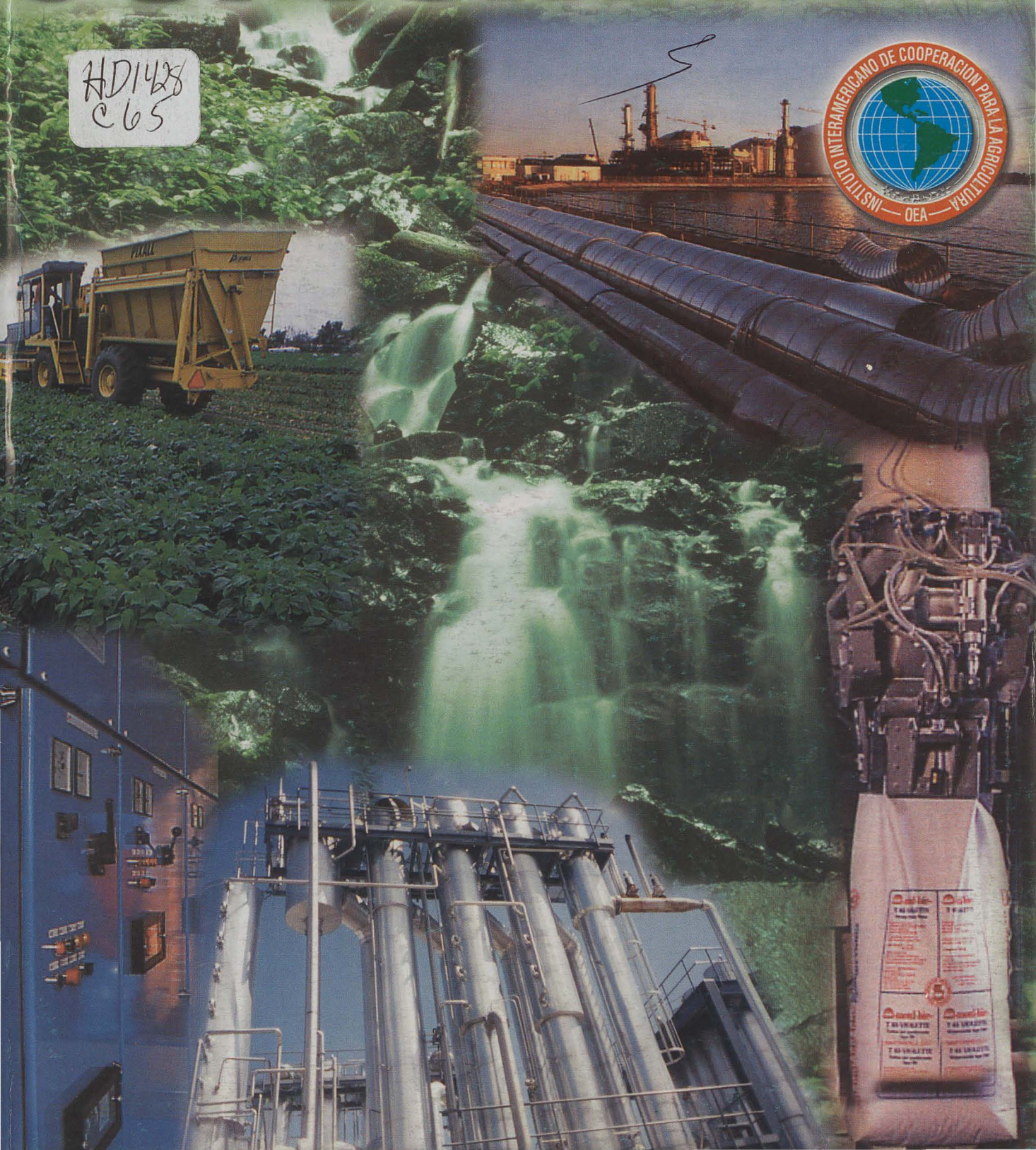
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

COMUNICA

Año/Year 6, No. 15, 2001

HDI428
C65



AGRO EN EL SIGLO XXI:

El rol de las plantas transgénicas en el desarrollo tecnológico del sector Agrícola.

AGRICULTURE IN THE TWENTY-FIRST CENTURY:

The role of transgenic plants in the technological development of agriculture

Introducción

Existe una notable coincidencia en todos los centros de prospectiva respecto de las fuerzas que están forjando el papel de las naciones en el siglo XXI. Dos de ellas son la globalización de la economía y los movimientos geopolíticos orientados a la formación de alianzas estratégicas y comerciales entre grupos de países. La tercera fuerza es el conocimiento humano, por medio de la ciencia y la tecnología. Una tendencia que alterará fundamentalmente la situación en el ámbito global es la llegada en pleno de la revolución biotecnológica a la agricultura. La comercialización de los productos modificados genéticamente mediante las nuevas biotecnologías no sólo facilitará sensiblemente el aumento de la producción y la productividad, sino que también alterará las características mismas de la oferta agrícola.

En la actualidad estamos viviendo la superposición de tres paradigmas: el ocaso de la era industrial; el desarrollo de la era informática, con la producción de chips de gran capacidad a bajo costo y la generalización del uso de Internet; y la consolidación de la era de la biotecnología. Ésta surgió con el descubrimiento, por J. Watson, F. Crick, R. Franklin y M. Wilkins, de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN) en 1956; y se consolidó a principios de los ochenta con el descubrimiento de la acción de las enzimas de restricción y de las ligasas. Ello posibilitó la tecnología del ADN recombinante, la que permite aislar, cortar y secuenciar fragmentos de ADN de un organismo portadores de uno o varios genes que expresan características específicas, así como incorporarlos en el genoma de otro, independientemente de que los organismos donante y receptor pertenezcan o no a la misma especie, barrera que, con escasas excepciones, tuvo la naturaleza durante millones de años de evolución. Dicha tecnología entró en la etapa de crecimiento con la comercialización de las plantas transgénicas.

Durante este período, se sistematizarán muchos procesos biológicos. Hasta ahora predominan cuatro tipos de información: los números, las palabras, los sonidos y las imágenes; pero la información llega de varias formas: olores, sabores, tacto, imaginación e intuición. Durante los próximos veinte años se desarrollarán tecnologías que permitirán sistematizar comercialmente estos procesos biológicos. La esencia del olfato se está digitalizando, como antes se hizo con los sonidos y las imágenes; por ejemplo, las empresas DigiScents, de Oakland, y Ambryx, de La Jolla, California, han desarrollado olores digitales, y Cyrano Sciences está desarrollando una tecnología de diagnóstico médico que puede "oler" las enfermedades.

En Junio de este año se completó el mapa del Genoma Humano, un proyecto en el que han trabajado miles de científicos de toda el mundo durante la última década y una competencia principalmente de dos esfuerzos:

* El proyecto Genoma Humano, colaboración del Gobierno y el sector privado entre el Instituto Nacional de Salud de Estados

Introduction

There is considerable agreement among forward-looking organizations regarding the forces that are forging nations in the twenty-first century. Two are economic globalization and the geopolitical movements to form strategic and trade alliances among groups of countries. The third is human knowledge, through science and technology. A trend that will bring about a sea change in the situation worldwide is the full development of the biotechnology revolution to agriculture. The marketing of genetically modified products resulting from the use of the new biotechnologies will not only contribute markedly to boosting production and productivity, it will also alter the very characteristics of agricultural supply.

We are presently living under three superimposed paradigms: a fading industrial era, a developing information technology era (due to the production of low-cost, high-capacity chips), and the biotechnology era, which stemmed from the 1956 discovery of the structure of DNA by J. Watson, F. Crick, R. Franklin and M. Wilkins. That era was consolidated in the early 1980s with the discovery of the action of restriction enzymes and ligases, giving rise to recombinant DNA technology. Through this technology, it has become possible to isolate, slice and sequence DNA fragments from an organism that has one or more genes that express specific characteristics and incorporate these into the genome of another organism, regardless of whether the donating and receiving organisms are from the same species. With few exceptions, this had been a barrier for natural evolution for millions of years. The marketing of transgenic plants has propelled this technology into a growth stage.

In this period, many biological processes will be systematized, and numbers, words, sounds and images have been the four predominating types of information to date. However, information reaches us in different forms, including smell, taste, feeling, imagination and intuition, and in the next 20 years, technologies will be developed that make it possible to commercially systematize these biological processes. The essence of the sense of smell is being rendered digital (as was done earlier with sound and images) by companies such as DigiScents of Oakland and Ambryx of La Jolla, California, which have developed digital smells, and Cyrano Sciences, which is developing a medical diagnosis technology that can "smell" diseases.

The first map of the human genome was completed in June this year. Thousands of scientists all over the world had been involved in this project for the past decade. Two efforts were competing to be the first to finish the work:

* The Human Genome Project, a joint effort by the public and private sectors (US National Institute for Health and the Sanger Centre),

Unidos y el Sanger Center, financiado por la Organización filantrópica Wellcome Trust de Londres.

* El otro lo lleva la empresa Celera Genomics, del sector privado con sede en Rockville, Maryland.

Ambos programas anunciaron que se ha completado el conocimiento básico de toda la secuencia del código genético, que consiste en una compilación de 3500 millones de nucleótidos: Adenina, Timina, Guanina y Citosina o simplemente sus iniciales A, T, G y C. La secuencia de estos componentes, que varía según la función de cada gen, codifica cada una de las instrucciones para la secuencia de las proteínas y en donde se determinan las características físicas y las propensiones a ciertas enfermedades. The New York Times, comenta que este paso es fundamental "es como si la empresa privada hubiera anunciado que pondría un hombre en la luna antes que la NASA pudiera llegar a hacerlo".

Una vez concluido el mapa genético, comenzará otra etapa aún más importante: la de descubrir que papel juega cada uno de los 60.000 genes humanos. De esta forma se conocerán todos los genes que son útiles para tratar la diabetes, el Alzheimer y el cáncer, por ejemplo. Este descubrimiento también causa preguntas sobre el empleo de una tecnología que opera sobre la esencia misma de las personas, entre los aspectos de preocupación, se encuentra el debate en cuanto a la patente de este descubrimiento: debe tener dueño? O solo para aquellos genes caracterizados, esto es con una identificación sobre sus funciones?. El peligro de que el conocimiento cada vez más exacto del código genético lleva a la discriminación en los empleos o los seguros médicos, es otro de los temores.

Todos los procesos de fusiones, adquisiciones y alianzas estratégicas entre las industrias farmacéuticas, químicas y productoras de semillas se intensificarán con las empresas multinacionales de la informática. Compac, por ejemplo, construyó uno de los más poderosos equipos para permitir la secuenciación del genoma humano; de igual forma, IBM lanzó su Discovery Link, el cual permite homologar bases de datos farmacéuticas con las secuencias nucleóticas de índole molecular y, además, anunció la comercialización de una nueva computadora gigante, con una velocidad 500 veces superior a las computadoras actuales, que indudablemente ayudará al progreso de la investigación genética.

El surgimiento de nuevas tecnologías trae consigo polémica, y la controversia crecerá a la misma velocidad que los beneficios. El principal problema de la era de la informática es la posible violación de la intimidad. En el caso de la biotecnología, como se analizará más adelante, el principal problema será el ético, con respecto a la clonación, la eugenesia, el patentamiento de genes y la identificación de enfermedades hereditarias. Esto último influirá en la decisión de tener hijos por parte de parejas que las porten. Estos son sólo algunos de los aspectos que están creando polémica.

Marco Conceptual

La comunidad internacional reconoce que doblar o triplicar la producción agropecuaria, para satisfacer las necesidades de una población de 11 mil millones de habitantes hacia el año 2050, no puede ser viable sin el uso de la biotecnología. Gracias a estas tecnologías, se han podido desarrollar productos con características agronómicas superiores, tales como la resistencia a los herbicidas; la resistencia a insectos plaga y enfermedades (principalmente a virus, bacterias y hongos); la maduración tardía, que reducirá las pérdidas de

funded by the Wellcome Trust, a London-based philanthropic organization.

* *The other involved Celera Genomics, a firm based in Rockville, Maryland.*

Both programs announced that they had completed the "working draft" of the entire sequence of the genetic code, which consists of a compilation of 3500 million nucleotides: Adenine, Thymine, Guanine and Cytosine, or simply their initials (A, T, G and C). The sequence of these components, which varies depending on the function of each gene, codifies each of the instructions for the sequence of the proteins, which determines physical characteristics and the propensity to certain diseases. The New York Times stated that this was a great step forward - as if private enterprise had announced that it would put a man on the moon before NASA.

Once the genetic map has been concluded, another, even more important stage will get under way: an effort to discover the role played by each of the 60,000 human genes. This will make it possible to identify all genes that are useful for treating diabetes, Alzheimer's disease and cancer, for example. This discovery also raises questions about the use of a technology that deals with the very essence of human beings. One key concern is the patenting of this discovery: should someone own it? Or only those genes that are characterized, i.e., whose functions are identified? Another fear is that increasingly precise knowledge of the genetic code could lead to discrimination in employment and medical insurance.

In three years time, the human genome will have been characterized by Celera Genomics, a company directed by Dr. James Watson, one of the geniuses who deciphered the structure of DNA. According to the New York Times, this can be likened to a private company announcing that it would put a man on the moon before NASA, the United States space agency.

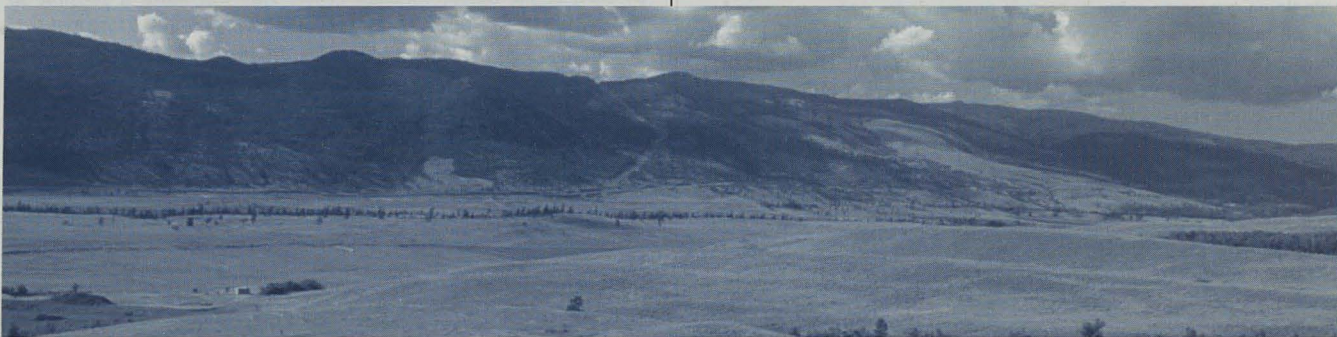
All mergers, acquisition and strategic alliances between pharmaceutical, chemical and seed producing industries will be strengthened by the developments of multinational information science companies. For example, Compac built one of the most powerful instruments for sequencing the human genome. Similarly, IBM launched its Discovery Link, which makes it possible to compare pharmaceutical data bases with molecular nucleotide sequences; it also announced that it will be marketing a new super computer that is 500 times faster than current computers and that will undoubtedly help further genetic research.

The development of new technologies gives rise to controversy, which grows at the same pace as the benefits. The principal problem of the information science era is the possibility of the invasion of privacy. In the case of biotechnology, the main problem will be ethical: for example, cloning, eugenics, the patenting of genes and the identification of hereditary diseases will affect people's decisions to have children. These are some of the issues that are generating controversy.

postcosecha; y el mejoramiento en la calidad del producto, atendiendo los requerimientos del consumidor. La investigación actual continúa aumentando en eficiencia y reduciendo los costos del desarrollo de plantas transgénicas. El uso de marcadores genéticos en los procesos de mejoramiento ha aumentado la precisión de éstos y ha disminuido el tiempo requerido para el desarrollo de los nuevos cultivares.

La biotecnología puede incorporar características favorables a los cultivos, como un aumento de su contenido nutricional o la posibilidad de que sean cultivados en condiciones adversas de clima o suelo. Por ejemplo, en algunos cultivos se puede introducir la cualidad que naturalmente presentan algunas plantas de producir semillas sin que el proceso de fertilización ocurra. En este fenómeno, conocido como "apomixis", los embriones contienen la misma información genética de las plantas madres; es decir, son clones. Esta característica es de gran importancia, pues, al contrario de la semilla híbrida, el agricultor podría utilizar indefinidamente como semilla los granos cosechados de esas plantas.

En el campo de la investigación conjunta agrofarmacéutica, en los próximos años se proyectan la comercialización de vacunas para humanos, utilizando los cultivos como biorreactores: la producción de



una vacuna contra la hepatitis B o un fármaco para la diarrea usando plantas de papa y banano; el desarrollo de genotipos de arroz con la capacidad de producir betacaroteno, un precursor de la vitamina A, y un mineral (hierro); y la introducción en plantas de genes humanos que expresen una hormona específica, que no la pueden producir los portadores de enfermedades como la de Crohn.

En el sector de la agricultura, se están adelantando investigaciones para el desarrollo de productos más amigables con el ambiente, pues disminuyen la necesidad de aplicar plaguicidas u otros químicos en el procesamiento. Algunos de esos productos son algodones con los que se producen fibras de colores, inarrugables y retardantes del fuego, lo que disminuiría la necesidad del teñido o del procesado de las fibras posterior a la cosecha; árboles de Poplar, que requieren menos cloro y menos energía para ser convertidos en papel; plantas ornamentales en que se han introducido genes que expresan aromas especiales; y cultivos en que se han incorporado genes que se manifiestan visiblemente, en forma fluorescente, cuando el cultivo requiere agua o tenga algún otro tipo de estrés.

Los esfuerzos logrados al completar la secuencia del genoma de una maleza (Arabidopsis thaliana), permitirá conocer la acción de todos los genes envueltos en los procesos claves del crecimiento y desarrollo de las plantas: como la aceleración de la floración, el cambio de la arquitectura o la resistencia a enfermedades. De esta forma será posible potenciar o regular la expresión de algunas características modificando la estructura de los genes propios de la planta.

Conceptual framework

The international community is aware that without biotechnology, it will be impossible to double or triple agricultural output by the year 2050 in order to satisfy the needs of a population of 11 billion. Biotechnology makes it possible to develop products with specific agronomic features such as resistance to herbicides; resistance to pests and diseases (primarily virus, bacteria and fungi); late ripening (to reduce post-harvest loss); and better product quality (to meet consumer requirements). Throughout the world, current research is improving the efficiency and reducing the cost of developing transgenic plants. The use of genetic markers in breeding processes has increased accuracy and reduced the amount of time it takes to develop new cultivars.

Biotechnology can incorporate positive features into crops; it can increase their nutritional content or the possibility of growth under adverse climatic or soil conditions. For example, the natural qualities of some plants to produce seeds without fertilization can be introduced into some crops. In this phenomenon (apomixis), embryos have the same genetic information as their mother plant; in other words, they are

clones. This is a very important characteristic because, as opposed to hybrid seed, the grains harvested by the farmers can be used indefinitely as seed.

In regard to joint agricultural-pharmaceutical research, it is expected that in the near future vaccinations that use crops as bio-reactors will be marketed for human beings. Vaccinations against hepatitis B or a medicine for diarrhea will be produced using potato and banana plants; rice genotypes will be produced that are capable of producing beta carotene, a precursor of vitamin A, and a mineral (iron); human genes that express a specific hormone, which cannot be produced by carriers of illnesses such as Crohn's disease, will be introduced into plants.

In agriculture, research is being conducted to develop more environmentally friendly products so as to reduce the use of pesticides and other chemicals used in processing. Some of these products are: cotton plants that produce colored, non-wrinkle and flame-retardant fibers, which would reduce the need for post-harvest dying or processing; poplar trees that require less chlorine and less energy to make paper; ornamental plants that express special aromas; and crops that visibly manifest (with fluorescence) their need for water or that they are under some other kind of stress.

Most of this research is being conducted in the industrialized countries on crops of economic interest to them. Unless the LAC countries want

Desde principio de los noventa, cerca de doce equipos de científicos de centros de investigación como: Caltech en Pasadena, California; la universidad de Wageningen en Holanda; el Centro John Innes en Norwich, Reino Unido; el Instituto agronómico de Investigación en Valencia, el Centro de Biotecnología de Madrid, España y el Instituto Salk en La Jolla, California han caracterizado molecularmente más de 80 genes de esta planta y esperan secuenciar completamente su genoma al finalizar este año. La ausencia de uno de estos genes, llamado FRIGIDA, se asocia con florecimiento temprano y la inserción de otro gen activado llamado LEAFY en árboles de Álamo, permitió que floreciera en 8 meses en cambio de los normales doce a quince años de espera para su florecimiento, resultados similares se han obtenido en cítricos que florecen en el primer en lugar del quinto año.

La manipulación de genes permitirá alargar la superficie de las hojas, para aumentar su capacidad de fotosíntesis o hacer el sistema radicular más agresivo en la búsqueda de agua en los suelos secos o reducir el tamaño de los cereales para que dediquen toda su energía a la producción del grano o dependiendo del cultivo alterar la dureza de la cápsula envolvente del grano, para hacerla más fuerte en Soya, evitando el desgrane y más débil en algodón, facilitando su recolección.

La mayor parte de esta investigación se ha venido realizando en los países industrializados, naturalmente en cultivos de su interés económico. Los países de América Latina y el Caribe (ALC) deben aprovechar estos productos, si no desean rezagarse en el desarrollo tecnológico, pero lógicamente deben hacer una evaluación técnica y objetiva de los posibles riesgos en la salud humana, el medio ambiente y la producción agropecuaria, si esos productos se introducen en nuestros ecosistemas tropicales.

En los años noventa, los índices de producción agrícola en la región muestran un incremento, con una dinámica en el intercambio importación-exportación de productos agrícolas, pero en términos per cápita la región exporta menos que hace 20 años. En la producción han ocurrido cambios significativos: ha habido aumentos en los sectores del petróleo y de las frutas y hortalizas; y se han dado disminuciones en la producción de sorgo, algodón, papa, trigo y yuca y, en menor grado, la de café, arroz y frijol. Estos cambios en la estructura de la producción han ocurrido principalmente por el aumento del área sembrada (un total de 23 millones de ha en los últimos 22 años) y por una mayor especialización agrícola de los países del Cono Sur2.

El contexto global, caracterizado por las tendencias de la apertura económica, la integración geopolítica, la lucha contra la pobreza y la importancia estratégica de la generación del conocimiento, implica esfuerzos substanciales de los países, sobre todo de aquellos en desarrollo, para acomodarse a este nuevo orden mundial.

Las Américas, en particular la región de ALC, ocupan el primer lugar en diversidad biológica en el planeta. La cuenca del Amazonas alberga, por sí sola, más de 90 mil diferentes especies de plantas superiores, 950 de aves, 300 de reptiles, más de 3 mil de peces y cerca de 500 mil diferentes especies de insectos. Sin embargo, toda esta riqueza está amenazada por la paulatina destrucción y degradación de los bosques húmedos tropicales, las praderas, los arrecifes, los humedales y otros hábitat naturales de las diferentes formas de vida.

La región de ALC es uno de los centros de origen, diversidad y domesticación de numerosas plantas que han servido de alimento para la humanidad; entre ellas se destacan la papa (*Solanum tuberosum*), la batata (*Ipomoea batatas*), el maíz (*Zea mays*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*), el frijol (*Phaseolus vulgaris*), la yuca (*Manihot esculenta*), el maní (*Arachis hypogaea*), la piña (*Ananas comosus*), el cacao

to be left behind in technology development, they must take advantage of these products, but they must make a technical and objective assessment of the possible risks to human health, the environment and agricultural production stemming from their introduction into our tropical ecosystems.

Regional agricultural production indices for the 1990s show an increase in the import-export trade dynamics of agricultural products; in per capita terms, however, the region is exporting less than 20 years ago. Significant changes have occurred in production, with increases in the petroleum sector; fruits and vegetables. There has been a downfall in the production of sorghum, cotton, potato, wheat, cassava and to a lesser degree coffee, rice and beans. These changes in the structure of production have occurred primarily through increases in the area cultivated (a total of 23 million hectares over the past 22 years) and greater agricultural specialization in the Southern Cone countries.

The global setting, characterized by economic liberalization, geopolitical integration, the struggle against poverty, and the strategic importance of the generation of knowledge, oblige the countries, especially developing countries, to make substantial efforts to adjust to this new world order.

The Western Hemisphere, and the LAC region in particular, is foremost in the world in terms of biological diversity. The Amazon Basin alone is home to more than 90,000 different species of higher plants, 950 of birds, 300 of reptiles, more than of 3,000 of fish and about 500,000 of insects. This wealth is being threatened by the gradual destruction and degradation of humid tropical forests, plains, coral reefs, wetlands and other natural habitats.

*The LAC region is a center of origin, diversity and domestication of numerous plants that feed humanity including: the potato (*Solanum tuberosum*), sweet potato (*Ipomoea batatas*), corn (*Zea mays*), tomato (*Lycopersicon esculentum*), bean (*Phaseolus vulgaris*), cassava (*Manihot esculenta*), peanut (*Arachis hypogaea*), pineapple (*Ananas comosus*), cocoa (*Theobroma cacao*), pepper (*Capiscum annum*, *C. pubescens* and *C. frutescens*), papaya (*Carica papaya*) and blackberry (*Rubus glaucus*), among others.*

This biodiversity is a key aspect of the pharmaceutical, food and agrifood industries; it is also an indispensable resource for farmers that select and cultivate species appropriate to their individual production, environmental and cultural needs.

The challenges and opportunities facing the countries of the region are great, given the importance of agriculture in their gross domestic products (GDP) and their rich natural resource base, especially of flora, fauna and microorganisms essential to the pharmaceutical and food industries.

The application of these new technologies can cause imbalances of an ecological, socioeconomic and institutional nature. The impact of some can be prevented through legally binding international commitments, such as the Cartagena Biodiversity Protocol; others will be harder to control, such as in the case of tropical export crops substituted by others produced in different climatic zones.

The marked impact on the production and productivity of commercial crops has produced well-known benefits but also considerable

(Theobroma cacao), el ají (Capsicum annum, C. pubescens y C. frutescens), la papaya (Carica papaya) y la mora de Castilla (Rubus glaucus), entre otros.

Esta biodiversidad, básica para las industrias farmacéutica, de alimentos y la agroalimentaria en general, es también un recurso indispensable para que los agricultores puedan seleccionar y cultivar especies que se adapten a sus propias necesidades productivas, ecológicas y culturales.

Los desafíos y las oportunidades para los países de la región son grandes, dada la importancia del sector agropecuario en el producto interno bruto (PIB) de muchos de ellos y la rica base de recursos naturales, sobre todo en flora, fauna y microorganismos esenciales para la industria farmacéutica y de alimentos.

La aplicación de estas nuevas tecnologías puede conducir potencialmente a desequilibrios de carácter ecológico, socioeconómico e institucional. El impacto de algunos de ellos podrá evitarse mediante compromisos internacionales jurídicamente vinculantes, tal como el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad. Otros desequilibrios serán más difíciles de controlar, como puede ocurrir con la sustitución de cultivos tropicales exportables por sucedáneos producidos en otras zonas climáticas.

Los impactos significativos en la producción y la productividad de cultivos que se han desarrollado comercialmente han causado reconocidos beneficios, pero también fuertes controversias sobre los probables impactos adversos en la dirección del cambio técnico, los recursos naturales, el medio ambiente, el comercio y la salud humana.

Adopción de Cultivos Transgénicos

En 1996 comercialmente en el mundo se sembraron 2.8 millones de hectáreas con plantas transgénicas; en 1997 la cifra aumentó 4.5 veces, para un total de 12.7 millones de hectáreas sembradas; en 1998 la cifra subió a 27.8 millones de hectáreas cultivadas con plantas transgénicas, de las cuales Estados Unidos participó con un 74%. En 1999 la cifra llegó a 39.9 millones de hectáreas. Esta última cifra se mantuvo en el año 2000.

Factores de Preocupación en la Introducción, el Uso y la Comercialización de Organismos Vivos Modificados (OVMs)

La introducción de cualquier organismo nuevo en un ecosistema dado encierra un riesgo potencial, de allí que la liberación de OVMs al ambiente requiere supervisión y seguimiento cuidadosos, máxime si esta introducción se va a realizar en países que constituyen un centro de origen y de diversidad de muchas de las especies cultivadas, como es el caso de ALC.

Si bien algunos de los países de la región cuentan con mecanismos reguladores vigentes en bioseguridad, la mayoría no los tiene y, lo que es más crítico, no cuentan con la masa multiinterdisciplinaria para ejecutar adecuadamente un análisis y un manejo de riesgos dentro de un marco metodológico, reglamentario, moderno y efectivo, de manera que puedan aprovechar sus beneficios potenciales, garantizando el cumplimiento de las condiciones de seguridad necesarias para la protección del medio ambiente, de la salud humana y de la producción agropecuaria y para la distribución equitativa de sus ingresos entre sus habitantes.

controversy regarding the likely adverse effects on technical change, natural resources, environment, trade and human health.

Adoption of transgenic crops

In 1996, 2.8 million hectares of land were planted to transgenic crops; in 1997 that figure increased fourfold to a total of 12.7 million hectares; in 1998, 27.8 million hectares were planted to transgenic crops, 74% in the United States. By 1999, the figure had reached 39.9 million hectares. This last figure holds true for 2000.

Factors of concern regarding the introduction, use and marketing of modified living organisms (MLOs)

Because the introduction of any new organism into an ecosystem carries a potential risk, the release of MLOs into the environment requires careful supervision and monitoring, especially if it takes place in countries that are a center of origin and diversity of cultivated species, such as in LAC.

While some of the countries of the region have mechanisms in place to regulate biosafety, most do not. Of even greater concern is the fact that most countries do not have the multidisciplinary technical capabilities needed for conducting risk analysis and management in a methodological, regulatory, modern and effective manner, so as to be able to tap potential benefits, ensure compliance with the safety requirements in order to protect the environment, human health and agricultural production, and equitably distribute income among the population.

The main concerns expressed throughout the world with regard to the use of transgenic plants are:

Religious: *regarding the consumption of MLOs that contain the genes of animals for which religious restrictions exist.*

Ethical: *regarding the use of MLOs that contain copies of human genes; human vegetarians raise a similar objection regarding animal genes incorporated into plants.*

Political: *regarding national development or internal decisions of the countries*

Socioeconomic: *regarding the fear that private ownership of these technologies can affect poorer countries through substitution of their basic export commodities.*

Ecological: *regarding the possibility of creating new weeds, damaging species which are not the object of control, upsetting the populational equilibrium of biotic communities and ecosystems, losing and eroding genetic resources, and reducing crop diversity.*

The positions taken with regard to transgenic products are radical. Some people believe they should be banned; others claim they are harmless and that marketing thereof should be under no control. The soundest ecological position, however, is that a case-by-case multidisciplinary analysis be the norm until sufficient experience exists

Las observaciones principales que en el mundo se presentan en relación con el uso de plantas transgénicas son las siguientes:

Religiosas: Acerca del consumo de OVMs que poseen genes de animales cuyo consumo tiene restricción religiosa.

Éticas: En relación con el uso de OVMs que contienen copias de genes humanos. Similar objeción aplican los grupos humanos vegetarianos, en relación con copias de genes de origen animal incorporados en plantas.

Políticas: Sobre el desarrollo nacional o las decisiones internas de los países.

Socioeconómicas: Referidas al temor de que el carácter privado de los dueños del desarrollo de estas tecnologías puedan afectar a los países más pobres mediante la sustitución de sus productos básicos de exportación.

Ecológicas: Referentes a la creación de nuevas malezas, al daño a especies no objetivo del control, al rompimiento del equilibrio poblacional en comunidades bióticas y ecosistemas, a la pérdida y el deterioro de los recursos genéticos y a la homogeneización de los cultivos.

Las posiciones respecto de estos productos son radicales. Hay quienes consideran que deberían prohibirse, pero otros sostienen que son inocuos y que, por lo tanto, no debe haber controles para su comercialización. La posición ecológicamente más sana, sin embargo, propende por un análisis individual (caso por caso) realizado de manera colegiada, hasta que se tenga suficiente experiencia sobre sus efectos futuros, posición asumida por la Comunidad Europea, gran parte de los países industrializados y Colombia, según la reciente regulación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

El Riesgo y los Criterios para su Evaluación

En las diferencias explicadas de modo general, se fundamentan las razones para considerar que los organismos mejorados mediante métodos convencionales son relativamente seguros, mientras que los transgénicos, dada la naturaleza de la modificación, con el tiempo pueden afectar el equilibrio de los ecosistemas. Es comprensible, entonces, que la perspectiva ecológica provea una base amplia y sólida para la evaluación del riesgo y la regulación de la bioseguridad.

La actitud hacia el riesgo

Dentro de una política de control de riesgos asociados a la biotecnología, se observa que la evaluación de los eventuales efectos adversos de los OVMs apenas está en su fase de reconocimiento. Aún dicha evaluación debe pasar por las fases de formulación, implementación y control, para que pueda hablarse realmente de que se ha asumido el problema de la inseguridad biológica de manera prioritaria.

Además, una política de control de riesgos depende de las actitudes adoptadas frente al riesgo, las cuales se pueden visualizar de tres formas:

Evadir el riesgo: Esta actitud, de carácter negativo, conlleva a esperar

on future effects. This position has been taken by the European Community, many of the industrialized nations and Colombia, following the recent adoption of relevant regulations by the Colombian Agricultural Institute (ICA).

Risk and risk evaluation criteria

In general, it is considered that organisms improved by conventional means are relatively safe, while transgenic organisms, because of the nature of their modification, could in time affect the ecological equilibrium. The ecological viewpoint therefore provides a broad and sound base for evaluating risk and regulating biosafety.

The attitude toward risk

The importance of risk control policies for biotechnology in order to evaluate the possible adverse impact of MLOs is only recently being recognized. The stages of formulation, implementation and control must still be dealt with, before we can really say that the problem of biosafety is being addressed in a priority manner.

A risk control policy is also affected by the attitude toward risk, which can be reduced to three:

Avoid risk: This is a negative attitude in which the worst is expected. It is defended by skeptics, persons who are intolerant, who cannot stand uncertainty and feel they must have exhaustive information before they can make a decision or take action.

Prevent risk: This approach is technical in nature, and is based on the ability of experts to calculate the negative impact of modern biotechnology. There are two kinds: a) cautious calculation, which is prudent and cautious and seeks to avoid risk if there is no clear evidence of sufficient benefits to balance the associated costs; and b) bold calculation, which is a more optimistic approach, one that has positive expectations for biotechnology, pays certain attention to risk and assumes this risk unless there is proof of unacceptable loss or threat of loss.

Seek risk: This approach is proactive and is based on the belief that everything will be all right, that anything is possible. This thinking has shown its devastating power. Science is no longer operating at the level of the possible, but rather at the level of the desirable. Only those who dare to overcome natural forces can innovate and tap opportunities. Good business does not wait.

Risk evaluation, which will be discussed in greater detail below, follows a critical path starting with identification of danger and including evaluation thereof. The path that will be followed will depend largely on the attitude toward risk, and is a direct function of perception-action. The perception of risk is multidimensional, varying from person to person and from context to context: it cannot be reduced to a single value based on the probability of injury.

A risk policy involves confrontation, balance and compromise as the different social actors may not be willing to take the same amount of risk. This is part of cultural diversity.



siempre lo peor. Quienes defienden esta aproximación son escépticos, mantienen sentimientos de intolerancia, no resisten la incertidumbre y presuponen contar con informaciones exhaustivas antes de tomar cualquier decisión o emprender determinada acción.

Prever el riesgo: De carácter técnico, esta actitud supone la capacidad que tienen los expertos de calcular los efectos adversos de la biotecnología moderna. Se presenta en dos versiones: a) el cálculo cauteloso, que refleja prudencia y precaución, propone evadir el riesgo, si no hay evidencias claras de beneficios suficientes para contrarrestar los costos asociados; y b) el cálculo atrevido refleja optimismo y esperanza en la biotecnología, da cierta atención al riesgo y lo asume, a no ser que existan evidencias de pérdidas y amenazas inaceptables.

Buscar el riesgo: Esta actitud, de carácter proactivo, descansa en la creencia de que todo saldrá bien, de que todo es posible: este axioma ha demostrado su poder devastador. La ciencia ya no está en el nivel de lo posible, sino en el de lo deseable. Sólo quienes se atreven a vencer las fuerzas naturales pueden innovar y aprovechar las oportunidades. Los buenos negocios no dan espera.

Por otra parte, una evaluación de riesgo, tema que se tratará más adelante en este texto, tiene una ruta crítica, la cual va de la identificación del peligro a su evaluación. Este trayecto, que en buena parte depende de la actitud frente al riesgo, es una función directa de su percepción-acción. La percepción del riesgo es multidimensional, pues difiere entre personas y contextos. No se puede reducir a un valor único de una función de probabilidad de daño (así sea subjetiva).

Una política de riesgo conlleva confrontación, balance y compromiso: los distintos agentes sociales pueden diferir en su deseo de asumir riesgos. Es parte de la diversidad cultural.

En este contexto, el riesgo se define como la incertidumbre frente a la amenaza potencial para el ambiente de permitir el manejo y la liberación de plantas transgénicas. La probabilidad de la ocurrencia y la magnitud del impacto se presumen desconocidas.

El riesgo se expresa en términos cuantitativos y responde a la ecuación básica: el riesgo es igual a la probabilidad de ocurrencia del evento por la magnitud del impacto. La realización de evaluaciones científicas de

In this context, risk is defined as uncertainty in the face of a potential threat to the environment associated with the management and release of transgenic plants, as the probability of the occurrence and magnitude of impact are assumed to be unknown.

Risk is expressed in quantitative terms according to the basic equation: risk is equal to the probability of occurrence times the magnitude of impact. Scientific risk evaluations are a practical way (precautionary approach) to assess the possible environmental impact of MLOs. The issue of biosafety relative to MLOs can be approached from several angles, but from the environmental and agricultural perspective, the key point is the decision making process that results in prohibiting, approving or postponing the release of a MLO into the environment or in authorizing its release under certain conditions and possible future deregulation.

It is of vital importance to understand that the risks to biological diversity do not wholly depend, either qualitatively or quantitatively, on the MLO or the technology used to produce it. In other words, corn developed to tolerate herbicides can involve a low environmental risk in Canada but it could carry high risk in regions where teocintle, a close relative of corn, grows interspersed with corn in the fields. Accordingly, risk evaluations must be made on a case-by-case basis, taking into account the parent organism, the particular genetic modification, the receiving environment, and the capacity to identify and manage risk.

The decision to release a MLO into the environment must be assessed on a case-by-case basis, using sound scientific, multidisciplinary, professional and ethical criteria. The risks assumed should be balanced and should be outweighed by the productive, economical and environmental benefits to the ecosystem. In conducting comprehensive assessments of this nature, it is necessary to have biotechnology development policies in place that are articulated with agricultural and environmental/biosafety policies.

Risk analysis should involve examination of the following variables:

* **Characterization of the MLO:** *The biology of the original organism (for example, commercial variety of corn), the identity*

los riesgos es la forma práctica de aproximarse con un enfoque precautorio a los posibles efectos ambientales de los OVMs. El tema de la bioseguridad relativa a OVMs tiene varias aristas, pero sin duda, desde la perspectiva ecológica y agrícola, el punto central es el proceso de toma de decisiones que puede llevar a prohibir, vetar o postergar la liberación al medio ambiente de un OVM o a autorizar su liberación bajo ciertas condiciones que luego pueden llevar a su desregulación.

Es de vital importancia entender que los riesgos para la diversidad biológica no dependen totalmente, ni cualitativa ni cuantitativamente, del OVM ni de la tecnología utilizada para producirlos. Es decir, un maíz con tolerancia a herbicidas puede presentar un bajo riesgo ambiental en Canadá, pero podría tener un alto riesgo en regiones donde el teocintle, pariente cercano del maíz, crece mezclado en los maizales. Dado lo anterior, las evaluaciones del riesgo deben realizarse caso por caso, considerando el organismo parental, la modificación genética introducida, el medio ambiente receptor y la capacidad de identificar y manejar los riesgos.

La decisión de liberar al medio ambiente debe valorarse caso por caso, con fundamentos científicos sólidos y de manera colegiada, cuidadosa, profesional y ética. Es importante entender que los riesgos que se decidan asumir deben ser adecuadamente balanceados y superados por los beneficios productivos, económicos y ambientales en el ecosistema. Para realizar valoraciones integrales de este tipo, se requiere que las políticas de desarrollo biotecnológico en el campo se articulen con las políticas agrícolas y ambientales relacionadas con la bioseguridad.

La información requerida para realizar el análisis de riesgo estaría conformada por las siguientes variables:

- * **Caracterización del OVM:** Biología del organismo original (por ejemplo, variedad comercial de maíz), identidad y distribución de los parientes silvestres, compatibilidad de sus sistemas reproductivos, detalle de las modificaciones genéticas introducidas, estabilidad de la nueva construcción genética y consecuencias fenotípicas conocidas o esperadas.
- * **Intención de uso:** Producción, propagación, experimentación, biorremediación, control biológico o procesamiento industrial para consumo. El aspecto central es si el uso implica una liberación intencional al medio ambiente, si ésta puede suceder accidentalmente o si es imposible o improbable que suceda.
- * **Medio ambiente receptor:** Si se prevé una liberación al medio ambiente se debe conocer la ecología del lugar, el sistema productivo (intensidad de manejo y control del cultivo), la presencia de especies silvestres emparentadas con el OVM en la región, y las posibilidades de “escape” o aislamiento del OVM.
- * **Capacidad de manejar riesgos:** El conocimiento de la información de los tres incisos anteriores posibilita identificar y estimar los riesgos más evidentes. Hecho esto, se debe evaluar si existe la capacidad regulatoria, técnica, financiera y ecológica de manejar satisfactoriamente los riesgos, a fin de evitarlos o disminuirlos al mínimo posible.

El Marco Nacional Regulatorio: Breve Referencia sobre Colombia

El uso seguro de organismos modificados genéticamente (OMGs) compromete la participación y la acción de las diferentes instancias: los ministerios de agricultura, de salud y de medio ambiente y las entidades

and distribution of wild parents, the compatibility of their reproductive systems, details on the genetic modifications introduced, stability of the new genetic composition, and known or expected phenotypical consequences.

- * **Intention of use:** *Production, propagation, experimentation, bioremediation, biological control, or industrial processing for consumption. The key point here is to determine whether usage involves an intentional release into the environment, whether release could occur accidentally, or whether release is impossible or unlikely to occur.*
- * **Receiving environment:** *If release into the environment is planned, it is important to be familiar with the ecology of the site, the production system (management intensity and crop control), the presence of wild species related to the MLO in the region, and the possibilities of the MLO “escaping” or of isolating it.*
- * **Risk management capabilities:** *Information on the three above points makes it possible to identify and estimate the most evident risks. Once this is accomplished, an assessment should be made to determine whether there are sufficient regulatory, technical, financial and ecological capabilities to manage the risks in a satisfactory manner, in order to prevent them or reduce them to the absolute minimum*

The National Regulatory Framework: Brief reference to Colombia

The safe use of genetically modified organisms (GMOs) requires the committed participation and action of different bodies: the ministries of agriculture, health and the environment and their related agencies; representatives of the scientific community; civil society; agricultural producers; nongovernmental organizations; commercial firms, and others.

In this framework, the Colombian Agricultural Institute (ICA) is responsible for developing the institutional capacity for evaluating and managing risks in agricultural production associated with the introduction, export, management and marketing of transgenic organisms.

At the national level, the ministry of agriculture and its agricultural institute (ICA), cognizant of the importance of this issue, carefully reviewed and analyzed the standards and regulations of more than 25 countries of different continents in national and international fora, with the participation of the scientific community.

On that basis, it established two basic regulatory instruments in its area of competence: Agreement 13, dated December 22, 1998 and Resolution 3492, passed on that same date. These instruments set out the rules for introducing, producing, releasing into the environment and marketing transgenic organisms used as planting material.

The above explanations make it clear that Colombia must continue, firmly and persistently, to develop and improve the existing regulatory instruments in conformity with international agreements on the matter that have either been signed or that will be signed in the future, with a

adscritas a éstos; los representantes de la comunidad científica; la sociedad civil; los productores agropecuarios; las organizaciones no gubernamentales y las empresas comerciales, entre otras.

En el marco de ese contexto, corresponde al ICA el desarrollo de la capacidad institucional que permita la evaluación y el manejo de los riesgos en la producción agropecuaria asociados con la introducción, la exportación, el manejo y la comercialización de organismos transgénicos de uso agropecuario.

En el ámbito nacional, el Ministerio de Agricultura y su instituto agrícola adscrito (el ICA), conscientes de la importancia para el sector agropecuario del tema en referencia, revisaron y analizaron detenidamente en foros nacionales e internacionales, con participación de la comunidad científica, las normas y las reglamentaciones sobre bioseguridad de más de 25 países de diferentes continentes.

El procedimiento anterior fue la base para establecer, en el ámbito de su competencia, dos instrumentos regulatorios básicos: el "Acuerdo 13" del 22 de diciembre de 1998 y la resolución 3492 del mismo día. Dichos instrumentos señalan las normas para la introducción, producción, liberación al ambiente y comercialización de organismos transgénicos que se vayan a utilizar como material de siembra.

Por lo expuesto anteriormente, es claro que el país deberá continuar, en forma decidida y consistente, el desarrollo y el perfeccionamiento de los instrumentos regulatorios existentes, en congruencia con los convenios internacionales sobre el tema, suscritos o que en el futuro suscriba el país, para prevenir o minimizar los posibles riesgos derivados del manejo y el uso de productos transgénicos en nuestro territorio.

En Colombia, aún no se han autorizado siembras comerciales de cultivos transgénicos; sin embargo, se han presentado solicitudes para la autorización de ensayos experimentales de campo, en áreas de tamaño pequeño y en condiciones estrictamente supervisadas, orientados a la producción de material reproductivo en los siguientes cultivos: clavel, algodón, café, arroz, yuca, pastos y papa.

Referencias

Alarcón, E; González, LG; Carlos, J. 1998. Situación institucional de los recursos fitogenéticos en América Latina y el Caribe. San José, CR, IICA-GTZ. Serie Documentos de Discusión no. 6. 87 p.

Alston, JM; Pardey, PG; Roseboom, J. 1998. Financing agricultural research: international investment patterns and policy perspectives. *World Development* 26(6):1057-1071.

Artunduaga, SR. 1995a. Biosafety, report to the panel of experts on biosafety. El Cairo, EG. 25 p.

_____. 1995b. Son las plantas transgénicas una amenaza a la biodiversidad. Leticia, Amazonas, CO, Instituto Sinchi. 75 p.

_____. 1998a. Agro en el siglo XXI. El rol de las plantas transgénicas en el desarrollo del sector. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 21 p.

_____. 1998b. Las inversiones futuras en biotecnología, su mercado mundial. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 35 p.

_____. 1999. Los elementos centrales de la negociación del Protocolo de Bioseguridad. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 27 p.

Atsaf, EV. 1994. Council for tropical and subtropical agricultural research, biotechnologies and developing countries. Report on research work of institutes in Germany, USA, European Union. Bohn, DE, 57 p.

Bongaarts, J. 1998. Global population growth: demographic consequences of

view to preventing or minimizing possible risks stemming from the management and use of transgenic products in our territory.

In Colombia, although the commercial planting of transgenic crops has not yet been authorized, requests have been received for authorization to conduct experimental field trials in small areas, under strictly supervised conditions, relative to the production of reproductive materials for carnations, cotton, coffee, cassava, fodder and potatoes.

References

Alarcón, E; González, LG; Carlos, J. 1998. *Plant Genetic Resources in Latin America and the Caribbean: An Institutional Overview*. San Jose, CR, IICA-GTZ. Discussion Documents Series no. 6. 87 p.

Alston, JM; Pardey, PG; Roseboom, J. 1998. Financing agricultural research: international investment patterns and policy perspectives. *World Development* 26(6):1057-1071.

Artunduaga, SR. 1995a. Biosafety, Report to the panel of experts on biosafety. Cairo, EG. 25 p.

_____. 1995b. Son las plantas transgénicas una amenaza a la biodiversidad. Leticia, Amazonas, CO, Instituto Sinchi. 75 p.

_____. 1998a. Agro en el siglo XXI. El rol de las plantas transgénicas en el desarrollo del sector. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 21 p.

_____. 1998b. Las inversiones futuras en biotecnología, su mercado mundial. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 35 p.

_____. 1999. Los elementos centrales de la negociación del Protocolo de Bioseguridad. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 27 p.

Atsaf, EV. 1994. Council for tropical and subtropical agricultural research, biotechnologies and developing countries. Report on research work of institutes in Germany, USA, European Union. Bohn, DE, 57 p.

Bongaarts, J. 1998. Global population growth: demographic consequences of declining fertility. *Science* 282: 419-420.

CID (Center for International Development). 1999. Agricultural research in Africa: technological opportunities and institutional challenges. Report of a seminar. Center for International Development, Harvard University.

Davis, S; Meyer, C. 1999. *Future wealth and blur*. Cambridge, Massachusetts, US, Ernst & Young Business Innovation Development Center.

Doyle, D; Persley, G. 1996. Enabling the safe use of biotechnology: principles and practice. Washington, D.C., US, The World Bank. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series no. 10. 74 p.

Fielding, M et al. 1992. Pesticides in ground and drinking water. Commission of the European Communities. Water Pollution. Research Report. 27 p.

Greenpeace. 1994. A selection of transgenic plant patent applications from three database searches using the world patents index. Database patents on line 1991, 1992, 1994. 30 p.

declining fertility. *Science* 282: 419-420.

CID (Center for International Development). 1999. Agricultural research in Africa: technological opportunities and institutional challenges. Report of a seminar. Center for International Development, Harvard University.

Davis, S; Meyer, C. 1999. Future wealth and blur. Cambridge, Massachusetts, US, Ernst & Young Business Innovation Development Center.

Doyle, D; Persley, G. 1996. Enabling the safe use of biotechnology: principles and practice. Washington, D.C., US, The World Bank. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series no. 10. 74 p.

Fieldingl, M et al. 1992. Pesticides in ground and drinking water. Commission of the European Communities. Water Pollution. Research Report. 27 p.

Greenpeace. 1994. A selection of transgenic plant patent applications from three database searches using the World Patents Index. Database patents on line 1991, 1992, 1994. 30 p.

Jaffé, W. 1996. Armonización de la bioseguridad en las Américas. Construyendo capacidades institucionales. San Jose, CR, IICA. Serie Ponencias y Recomendaciones de Eventos Técnicos. 221 p.

James, C; Krattiger, A. 1997a. Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 31 p.

_____. 1997b. Insect resistance in crops: a case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 42 p.

Kaveira, P; Parker, I. 1994. Environmental risk of genetically engineered organisms and key regulatory issues. s.n.t.

Kondo, J. 1999. Regional Forum for Agricultural Research and Technology Development in Latin American and the Caribbean: its role for regional and global cooperation. FORAGRO. 23 p.

Koziel, MG; Beland, GL; Bowman, C; Carozzi, NB; Crenshaw, R; Crossland, L; Dawson, J; Desai, N; Hill, M; Kadwell, S; Launis, K; Lewis, K; Maddox, D; McPherson, K; Meghji, MR; Merlin, E; Rhodes, R; Warren, GW; Wright, M; Evola, SV. 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology* 4(11): 194-200.

Mihm, JA. ed. 1997. Insect resistant maize: recent advances and utilization. Proceeding of an international symposium held at the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). México D.F, MX, CIMMYT. 302 p.

NCB (Nuffield Council on Bioethics). 1999. Genetically modified crops: the ethical and social issues. London, UK, Nuffield Foundation.

OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico). 1994. Field releases of transgenic plants. 1986-1992 analysis. 85 p.

Presidencia de la República de México. 1999. Organismos vivos modificados en la agricultura mexicana: desarrollo biotecnológico y conservación de la diversidad biológica. México, D.F, MX, CONACYT, CONABIO. 32 p.

UNDP (United Nations Development Programme). 1999. Human development report 1999. Globalization with a human face. New York, US.

UNEP (United Nations Environment Programme), CDB (Convenio de Diversidad Biológica), BSWG (Biosafety Working Group). 1996-1998. Informes y documentos relacionados con cada una de las reuniones de trabajo respectivas.

UNESCO (United Nations Scientific, Educational, Scientific and Cultural Organization). 1998. World science report.

1 Coordinador del Grupo de Trabajo en Recursos Genéticos y Bioseguridad del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y Presidente del Consejo Técnico Nacional (CTN) Asesor del ICA en Bioseguridad. Formó parte del grupo de 15 expertos internacionales seleccionados por la Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica (CDB) para estudiar las necesidades y las modalidades del Protocolo de Bioseguridad. También se desempeña como consultor del IICA.

1 Davis y Meyer 1999.

Jaffé, W. 1996. Armonización de la bioseguridad en las Américas. Construyendo capacidades institucionales. San Jose, CR, IICA. Papers, Results and Recommendations from Technical Events Series. 221 p.

James, C; Krattiger, A. 1997a. Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 31 p.

_____. 1997b. Insect resistance in crops: a case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). 42 p.

Kaveira, P; Parker, I. 1994. Environmental risk of genetically engineered organisms and key regulatory issues. s.n.t.

Kondo, J. 1999. Regional Forum for Agricultural Research and Technology Development in Latin American and the Caribbean: its role for regional and global cooperation. FORAGRO. 23 p.

Koziel, MG; Beland, GL; Bowman, C; Carozzi, NB; Crenshaw, R; Crossland, L; Dawson, J; Desai, N; Hill, M; Kadwell, S; Launis, K; Lewis, K; Maddox, D; McPherson, K; Meghji, MR; Merlin, E; Rhodes, R; Warren, GW; Wright, M; Evola, SV. 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology* 4(11): 194-200.

Mihm, JA. ed. 1997. Insect resistant maize: recent advances and utilization. Proceedings of an international symposium held at the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). Mexico D.F, MX, CIMMYT. 302 p.

NCB (Nuffield Council on Bioethics). 1999. Genetically modified crops: the ethical and social issues. London, UK, Nuffield Foundation.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1994. Field releases of transgenic plants. 1986-1992 analysis. 85 p.

Office of the President of the Republic of Mexico. 1999. Organismos vivos modificados en la agricultura mexicana: desarrollo biotecnológico y conservación de la diversidad biológica. Mexico, D.F, MX, CONACYT, CONABIO. 32 p.

UNDP (United Nations Development Programme). 1999. Human development report 1999. Globalization with a human face. New York, US.

UNEP (United Nations Environment Programme), CDB (Convention on Biological Diversity), BSWG (Biosafety Working Group). 1996-1998. Reports and documents of the respective working meetings.

UNESCO (United Nations Scientific, Educational, Scientific and Cultural Organization). 1998. World Science Report.

1 Coordinator of the working group on genetic resources and biosafety at the Colombian Agricultural Institute (ICA), chair of the National Technical Council (CTN), and ICA advisor on biosafety. He was one of the 15 international experts selected by the Secretariat of the Convention on Biological Diversity to study the needs and modalities of the Biosafety Protocol. He is also a consultant with IICA.

2 Davis and Meyer 1999.

3 Kondo 1999.