

Agro en el siglo XXI: El rol de las plantas transgénicas en el desarrollo tecnológico del sector Agrícola

Agriculture in the XXI century: Transgenic plants role in agricultural sector's technological development

Rodrigo Artunduaga Salas*

RESUMEN

Los nuevos avances en la biotecnología, principalmente en la secuenciación del genoma de varias plantas, entre ellas la *Arabidopsis thaliana*, permitirán conocer la acción de todos los genes envueltos en los procesos claves del crecimiento y desarrollo de las plantas, al modificar la estructura de los genes será posible regular la expresión de algunas características, como el tamaño de las hojas o la dinámica de crecimiento de las raíces y los frutos. De esta forma la comercialización de los productos de las nuevas biotecnologías incidirá en la producción, productividad y oferta agrícola de las naciones en este siglo XXI. Los desafíos y las oportunidades para los países de la América Latina y el Caribe-ALC son grandes, dada la rica base de sus recursos de flora, fauna y microorganismos, esenciales para las industrias de alimentos y farmacéutica. La comunidad internacional reconoce los beneficios de la Biotecnología, pero solicita un estudio cuidadoso sobre los potenciales efectos adversos del uso de transgénicos en: la producción agrícola, el medio ambiente, la salud humana y el comercio. Los países de ALC deberán continuar el desarrollo y el perfeccionamiento de los instrumentos regulatorios para prevenir o minimizar los posibles riesgos derivados del manejo y uso de los organismos transgénicos en su territorio, de manera que puedan aprovechar sus beneficios potenciales, garantizando el cumplimiento de las condiciones necesarias de seguridad por el uso de los mismos.

Palabras clave: Organismos vivos modificados genéticamente OVM, cultivos transgénicos, América Latina y el Caribe, evaluación de riesgos

ABSTRACT

The new advances in biotechnology, especially in the completion of the *Arabidopsis thaliana*, genome sequence has profound implications for human health as well as plant biology and agriculture. It will permit us to know the action of all the genes involved in the key growing and development processes of plants. Modification of the structure of genes will allow the regulation of the expression of some characteristics such as the size of the leaves or the dynamics of the roots and fruits growth. In this way, the commercialization of the products of the new biotechnologies will influence in this century's nations' agricultural production, productivity and food supply. The challenges and opportunities for the countries of Latin America and the Caribbean (LAC) are enormous, due to the rich base of their flora, fauna and microorganisms resources, which are essential to the pharmaceutical and feeding industries. The international Community recognizes the benefits of Biotechnology, but it also advocate more inquiry into the impacts of advanced agricultural biotechnologies on the environment, food system, structure of agriculture, rural communities, and population health. The countries of LAC should continue the development and improvement of the regulatory framework for preventing or minimizing the possible risks of the use and management of the transgenic organisms in their territory, and therefore, be able to make use of their potential benefits, ensuring the protection of public health and the environment.

Key words: Genetic Modified Organisms GMO, transgenic cultures, Latin America and the Caribbean, evaluation of risks

* I.A., M.Sc., Ph. D. Coordinador del Grupo de trabajo en Bioseguridad y Recursos Genéticos agrícolas del Instituto Colombiano Agropecuario. Presidente del Consejo Técnico Asesor del ICA en Bioseguridad. Formó parte del panel de 15 expertos seleccionados por la secretaria del convenio de Diversidad Biológica en Mayo de 1.995 para estudiar en el Cairo, Egipto, la necesidad y las modalidades del Protocolo de Bioseguridad. Seleccionado por la Secretaria Ejecutiva del Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas como uno de los 27 Expertos

INTRODUCCIÓN

Existe notable coincidencia en todos los centros de prospectiva acerca de que entre las fuerzas que están forjando el papel de las naciones en el siglo XXI, se hallan la globalización de la economía, los movimientos geopolíticos para formar alianzas estratégicas y comerciales entre grupos de países y, como tercera fuerza dominante, el conocimiento humano en ciencia y tecnología. Una tendencia que alterará de modo fundamental la situación global es la llegada en pleno de la revolución biotecnológica a la agricultura. La comercialización de los productos modificados genéticamente por las nuevas biotecnologías no sólo facilitará de manera ostensible el aumento de la producción y la productividad, sino que también alterarán 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, bajo costo y la generalización del uso de Internet, y la superposición de ésta última con la biotecnología, que surgió con el descubrimiento de J. Watson, F. Crick, R. Franklin y M. Wilkins de la estructura del ADN en 1956, se consolidó a principio de los años ochenta con el descubrimiento de la acción de las enzimas de restricción y de las ligasas (que hicieron surgir la tecnología del ADN recombinante, que permite aislar, cortar y secuenciar fragmentos de ADN de un organismo, portadores de uno o varios genes que expresan características específicas e incorporarlos en el genoma de otro, independientemente de que los organismos donante y receptor pertenezcan o no a la misma especie. Así se superó una barrera que, con escasas excepciones, tuvo la naturaleza durante millones de años de evolución) y entró en la etapa de crecimiento con la comercialización de las plantas transgénicas.

Durante este período de superposición, 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 muchas maneras: olores, sabores, tacto, imaginación e intuición. Durante los próximos veinte años se desarrollarán tecnologías que permitan sistematizar comercialmente estos procesos biológicos. La esencia del olfato se está digitalizando, como antes se hizo con los sonidos y las imágenes. Empresas como DigiScents, de Oakland, y Ambryx, de La Jolla (California), ya han desarrollado olores digitales y Cyrano Sciences está desarrollando una tecnología de

diagnóstico médico que puede “oler” las enfermedades (Davis, Meyer 1999).

El surgimiento de nuevas tecnologías trae consigo polémica; 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: la clonación, la eugenesia, la patente de los genes y la identificación de las enfermedades hereditarias, que influirá en la decisión de tener hijos de la pareja portadora de las mismas. Éstos son sólo algunos de los aspectos que ya están creando polémica.

MARCO CONCEPTUAL

La comunidad internacional reconoce que doblar o triplicar la producción agropecuaria para satisfacer las necesidades de una población de 11.000 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 como resistencia a herbicidas, resistencia a insectos plaga y enfermedades (principalmente virus, bacterias y hongos), maduración tardía que reducirá las pérdidas de poscosecha, mejoramiento en la calidad del producto (atendiendo los requerimientos del consumidor). La investigación actual en el mundo continúa aumentando la eficiencia y reduciendo los costos del desarrollo de plantas transgénicas. El uso de marcadores genéticos en los procesos del mejoramiento ha aumentado su precisión y disminuido el tiempo requerido para el desarrollo de los nuevos cultivos.

La biotecnología puede incorporar características favorables a los cultivos, como aumento del contenido nutricional o la posibilidad de superar condiciones adversas en cuanto clima o suelo o introducir en algunos cultivos las cualidades que naturalmente presentan algunas plantas de producir semillas sin que ocurra el proceso de fertilización, fenómeno que se conoce como apomixis, en el cual los embriones contienen la misma información genética de las plantas madres; es decir, son clones. Esta característica tiene gran importancia puesto que, al contrario de la semilla híbrida, el agricultor podría utilizar como semilla, de manera indefinida, granos cosechados.

En el campo de la investigación conjunta agrofarmacéutica, se proyecta en los próximos años la comercialización de vacunas para seres humanos utilizando los cultivos como biorreactores: vacuna contra la hepatitis B o la diarrea en plantas de papa y banano; el

desarrollo de genotipos de arroz con capacidad de producir Beta caroteno, un precursor de la vitamina A o el hierro; la introducción en plantas de genes humanos que portan una hormona específica, que no pueden producir los portadores de enfermedades como la de Crohn.

En el campo de la agricultura, se llevan a cabo investigaciones para el desarrollo de productos más favorables para el ambiente al disminuir la necesidad de aplicaciones de plaguicidas o de químicos en el procesamiento, como en el caso de algodones con fibras de colores, inarrugables y retardantes del fuego, lo cual disminuiría la necesidad de teñido o procesamiento de las fibras después de la cosecha; árboles de poplar que requieren menos cloro y menos energía para ser convertidos en papel o la introducción en plantas ornamentales de genes que portan aromas especiales; la incorporación de genes visibles, fluorescentes, cuando el cultivo requiera agua o tenga algún otro tipo de estrés.

La mayoría de esta investigación se viene 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 quieren rezagarse en el desarrollo tecnológico, pero deben hacer una evaluación técnica y objetiva de los posibles riesgos en la salud humana, el medio ambiente y la producción agropecuaria, derivados de su introducción en nuestros ecosistemas tropicales.

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

Las Américas, y en particular la región de ALC, ocupan el primer lugar en diversidad biológica en el planeta. La cuenca amazónica por sí sola alberga más de 90.000 especies de plantas superiores, 950 de aves, 300 de reptiles, más de 3000 de peces y cerca de 500.000 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.

América Latina y el Caribe (ALC) es uno de los centros de origen, diversidad y cultivo de numerosas plantas que han proporcionado alimento a 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 (*Theobroma cacao*), el ají (*Capsicum annum*, *C. pubescens* y *C. frutescens*), la papaya (*Carica papaya*) y la mora de castilla (*Rubus Glaucus*).

Esta biodiversidad básica para las industrias farmacéutica, de alimentos y la agroalimentaria en general, es también 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 oportunidades para los países de la región son grandes, dada la importancia del sector agropecuario en el Producto Interno Bruto 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 socioeconómicos, institucionales y ecológicos. El impacto de algunos de ellos podrá evitarse mediante compromisos internacionales, jurídicamente vinculantes, como el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad. Otros desequilibrios serán más difíciles de controlar, como la sustitución de cultivos tropicales exportables por sucedáneos producidos en otras zonas climáticas.

Los significativos impactos en la producción y productividad de cultivos que ya se han desarrollado comercialmente han causado beneficios reconocidos, 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 se sembraron comercialmente en el mundo 2.8 millones de hectáreas de plantas transgénicas; para 1997 esta cifra aumentó en 4.5 veces para un total de 12.700.000 hectáreas sembradas. En 1998 se sembraron 27.800.000 hectáreas de cultivos transgénicos, de los cuales los Estados Unidos participaron con el 74%. En 1999 se alcanzó la cifra de 42.5 millones de hectáreas sembradas en el ámbito comercial; para el año 2000 existe expectativa sobre la incidencia del Protocolo recién adoptado en las siembras comerciales de plantas transgénicas.

FACTORES DE PREOCUPACIÓN EN LA INTRODUCCIÓN, USO Y COMERCIALIZACIÓN DE OVM

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

Aunque 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 multi e interdisciplinaria para ejecutar adecuadamente un análisis y un manejo de riesgos dentro de un marco metodológico y reglamentario moderno y efectivo, de manera que puedan aprovechar sus beneficios potenciales y garantizar el cumplimiento de las condiciones de seguridad necesarias para la protección del medio ambiente, de la salud humana, de la producción agropecuaria y la distribución equitativa de sus ingresos entre sus habitantes.

Las principales observaciones, presentadas en el mundo con relación al uso de plantas transgénicas son las siguientes:

Religiosas. Acerca del consumo de OVM vedados por motivos religiosos y que contienen genes de animales.

Éticas. Relacionadas con el uso de OVM que contienen copias de genes humanos. Similar objeción se aplica a los grupos humanos vegetarianos, en relación con copias de genes de origen animal incorporados a las plantas.

Políticas. En relación con 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 éstas tecnologías puedan afectar a los países más pobres, sustituyendo sus productos básicos de exportación.

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

A pesar de la radicalización de las posiciones (quienes consideran que estos productos deberían prohibirse

versus los que consideran que son inocuos y por lo tanto defienden que no debe existir control en su comercialización), la posición ecológicamente más sana es aquella que propende a un análisis individual caso por caso, con una participación colegiada en su estudio, hasta que se tenga suficiente experiencia sobre sus efectos futuros (posición asumida por la Unión Europea, gran parte de los países industrializados y Colombia en la reciente regulación del ICA).

EL RIESGO Y LOS CRITERIOS PARA SU EVALUACIÓN

En las diferencias ya explicadas, de modo general se fundamentan las razones para considerar que los organismos mejorados a través de métodos convencionales son relativamente seguros, mientras que los transgénicos, por la naturaleza de la modificación, pueden afectar con el tiempo 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.

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 OVM apenas están en la fase de reconocimiento y, por ende, aún tienen que pasar por las fases de formulación, implementación y control para hablar realmente de que se ha dado prioridad al problema de la inseguridad biológica.

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

Evadir el riesgo. De carácter negativo, conlleva esperar siempre lo peor y evitar el riesgo. Quienes defienden esta aproximación son escépticos, mantienen sentimientos de intolerancia, no resisten la incertidumbre y requieren información exhaustiva antes de tomar cualquier decisión o emprender determinada acción.

Prever el riesgo. De carácter técnico, supone la capacidad de los expertos para calcular los efectos adversos de la biotecnología moderna. Se presenta en dos versiones: el cálculo cauteloso, que propone evadir el riesgo si no hay evidencias claras de beneficios suficientes para contrarrestar los costos asociados. Refleja

prudencia y precaución; el cálculo atrevido, que asume el riesgo a no ser que haya evidencias de pérdidas y amenazas inaceptables. Refleja optimismo y esperanza en la biotecnología con cierta atención a sus riesgos.

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

Por otra parte, la evaluación del riesgo, tema que se tratará más adelante, tiene una ruta crítica que va de la identificación del peligro a su evaluación. Este trayecto depende en buena parte de la actitud frente al riesgo, además es una función directa de su percepción-acción. La percepción del riesgo es multidimensional, 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 implica 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 una amenaza potencial para el ambiente, al permitir el manejo y liberación de plantas transgénicas en éste. La probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto se presumen desconocidos.

El riesgo se expresa en términos cuantitativos y responde a la ecuación básica

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de ocurrencia del evento} \times \text{Magnitud del impacto}$$

La realización de evaluaciones científicas de los riesgos es la forma práctica de aproximarse con un enfoque precautorio a los posibles efectos ambientales de los OVM. El tema de la bioseguridad relativa a OVM tiene muchas 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 autorizar su liberación bajo ciertas condiciones que pueden llevar a la desregulación.

Es de vital importancia entender que los riesgos para la diversidad biológica no dependen total ni cualitativa ni cuantitativamente del OVM ni de la tecnología utilizada para producirlos. Es decir, un maíz con tolerancia a

herbicidas puede presentar riesgo ambiental bajo en Canadá, pero tener un alto riesgo en regiones donde el teocintle, pariente cercano del maíz, crece mezclado en las milpas. Por este aspecto las evaluaciones de riesgo deben realizarse caso por caso considerando al organismo parental, la modificación genética introducida, el medio ambiente receptor y la capacidad de identificar y manejar los riesgos.

La decisión de liberar OVM 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 decida 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 ocurrir 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, posibilidades de "escape" o aislamiento del OVM.

Capacidad de manejar riesgos. Al conocer la información de los tres incisos anteriores, se pueden identificar y estimar los riesgos más evidentes. Es entonces cuando se evalúa si existe la capacidad regulatoria, técnica, financiera y ecológica de manejar satisfactoriamente los riesgos para evitarlos o minimizarlos los más posible.

EL MARCO NACIONAL REGULATORIO

El uso seguro de Organismos Modificados genéticamente (OMG) compromete la participación y acción de diferentes instancias: los ministerios de Agricultura, Salud, Medio Ambiente y las entidades adscritas; los representantes de la comunidad científica, la sociedad civil, los productores agropecuarios, las organizaciones no gubernamentales y las empresas comerciales, entre otras.

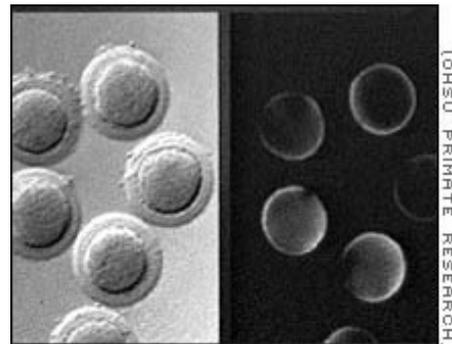
Dentro del anterior contexto, corresponde al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) el desarrollo de la capacidad institucional, que permita la evaluación y el manejo de los riesgos en la producción agropecuaria asociados a la introducción, exportación, manejo y comercialización de organismos transgénicos de uso agropecuario.

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

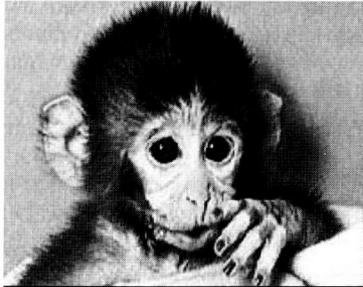
El procedimiento anterior sirvió de base para establecer en el ámbito de su competencia dos instrumentos regulatorios básicos: el acuerdo 13 del 22 de diciembre de 1998 y la resolución 3492 del mismo día, los cuales señalan las normas para la introducción, producción, liberación al ambiente y comercialización 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 perfeccionamiento de los instrumentos regulatorios existentes, en congruencia con los convenios internacionales sobre el tema, suscritos o que suscriba el país, para prevenir o minimizar los posibles riesgos derivados del manejo y uso de productos transgénicos en nuestro territorio.

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



Pistola Genética: dispositivo que dispara micro proyectiles(esferas diminutas de tungsteno o de oro de 4 micrómetros de diámetro), recubiertos con el ADN foráneo que se quiere introducir en las células.



El mono llamado ANDi (por las siglas, leídas de atrás para adelante, de la frase Inserted DNA), tiene incorporado un gen de la medusa. A pesar de que esta alteración se ha efectuado en ratones desde hace tiempo, este es el primer primate en ser transformado.



Arabidopsis thaliana, la primera planta en tener su genoma secuenciado completamente



Semillas Artificiales: Células embriogénicas, las cuales pueden dar origen a una planta, se encapsulan y pueden ser manejadas como una semilla convencional.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, E., González L.G. y Carls. J. 1998. Situación institucional de los recursos fitogenéticos en América Latina y el Caribe. IICA-GTZ. Serie de documentos de discusión. No. 6. 87 p.
- Alston, J.M., Pardey, P.G. and Roseboom, J. 1998. Financing Agricultural Research: International Investment Patterns and Policy Perspectives. *World Development*, 26(6): 1057-1071.
- Artunduaga, S. R. 1998. Agro en el siglo XXI. El rol de las plantas transgénicas en el desarrollo del sector. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá. 21 p.
- . 1995. Biosafety, report to the panel of experts on Biosafety, El Cairo, Egipt. 25 p.
- . 1995. Son las plantas transgénicas una amenaza a la biodiversidad. Leticia, Amazonas. Instituto Sinchi. 75 Pgs.
- . 1998. Las inversiones futuras en Biotecnología, su mercado mundial. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá D.E. 35p.
- . 1999. Los elementos centrales de la negociación del Protocolo de Bioseguridad. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá D.E. 27 p.
- Atsaf, E.V. 1994. Council for tropical and subtropical agricultural research, Biotechnologies and developing countries. Report on research work of institutes in Germany, USA, European Union. Bohn. 57 pg.
- 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., C. Meyer. 1999. Future Wealth and Blur. Ernst & Young Business Innovation Development Center. Cambridge, Massachusetts. USA.
- Doyle, D. & G. Persley. 1996. Enabling the safe use of Biotechnology: principles and practice. The World Bank. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series No 10. Washington D.C. 74 p.
- Fielding L, M. *et al.* 1992. Pesticides in Ground and Drinking water. Commission of the European Communities. Water Pollution. Research Report 27 p.
- GREEN PEACE. 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.
- Jaffe, W. Armonización de la bioseguridad en las Américas. Construyendo Capacidades Institucionales. Memoria. IICA. Serie ponencias y recomendaciones de eventos técnicos. ISSN 0253-4746. 221 p.
- James C. & A. Krattiger. 1997. Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants. ISAAA -International Service for the Acquisition of Agri-Biotech applications. 31 p.
- . 1997. Insect Resistance in crops: A case Study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. ISAAA -International Service for the Acquisition of Agri-Biotech applications. 42 p.
- Kaveira, P. & Parker, I. 1994. Environmental risk of genetically engineered organisms and key regulatory issues.
- Koziel, M.G.; G.L. Beland; C. Bowman; N.B. Carozzi; R. Crenshaw; L. Crossland; J. Dawson; N. Desai; M. Hill; S. Kadwell; K. Launis; K. Lewis; D. Maddox; K. McPherson; M.R. Meghij; E. Merlin; R. Rhodes; G.W. Warren; M. Wright; S.V. Evola. 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology* 4 (11): 194-200.
- Mihm, J.A. (ed.). 1997. Insect Resistant Maize: Recent advances and utilization; proceeding of an international Symposium held at the International Maize and Wheat improvement center (CIMMYT). Mexico D.F. 302p.
- NCB (Nuffield Council on Bioethics). 1999. Genetically Modified Crops: The Ethical and Social Issues. Nuffield Foundation, London.
- OECD. 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. Conacyt y conabio. México D.F. 32 p.
- UNEP/CBD/BSWG. 1996-1998. Informes y documentos relacionados con cada una de las reuniones de trabajo respectivas.
- UNDP (United Nations Development Programme), 1999. Human Development Report 1999. Globalization With a Human Face. UNDP, New York.
- UNESCO. 1998. World Science Report. United Nations Scientific, Educational, Scientific and Cultural Organization.