

Rodrigo Artunduaga Salas Escritor Invitado

El Agro en el siglo xxi: el rol de las plantas transgénicas en el desarrollo tecnológico del sector agrícola

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 Cyran 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 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 nucleóticos: 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 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.

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 Sur .

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 (*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.

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 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 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 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 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.
- Jaffé, W. 1996. Armonización de la bioseguridad en las Américas. Construyendo capacidades institucionales. San José, 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.