



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

Rodrigo Artundaga Salas,
IA MSc PhD*

Introducción

De manera notable todos los centros de prospectiva coinciden en considerar que dentro de las fuerzas que están forjando el papel de las naciones en el siglo XXI están la globalización de la economía, los movimientos geopolíticos para formar alianzas estratégicas y comerciales entre grupos de países, y como tercera fuerza dominante está el conocimiento humano por medio de la ciencia y la tecnología. Una tendencia que alterará fundamentalmente la situación a nivel 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 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, bajo costo, y la generalización del uso de internet, y la superposición de esta última con el de la biotecnología, que surgió con el descubrimiento por J. WATSON, F. CRICK, R. FRANKLIN Y M. WILKINS, de la estructura del ADN en 1956, se consolidó a principios 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, 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 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 formas: 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 en California ya han desarrollado olores digitales, y Cyran Sciences está desarrollando una tecnología de diagnóstico médico que puede "oler" las enfermedades!

* Coordinador del Grupo de Trabajo en Recursos Genéticos y Bioseguridad del Instituto Colombiano Agropecuario ICA; formó parte del grupo de 15 expertos internacionales que seleccionó la Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica CBD, para estudiar las necesidades y modalidades del Protocolo de Bioseguridad, instrumento que jurídicamente vinculará a los 174 países signatarios del Convenio; miembro de la delegación negociadora de Colombia en las reuniones del grupo de trabajo del CBD sobre Seguridad de la Biotecnología. El Protocolo de Cartagena, en Bioseguridad, fue adoptado por 134 países en Montreal Canadá y 35 países lo han ratificado hasta el momento.

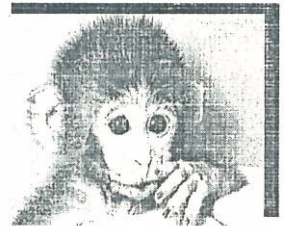
I DAVIS, S., C. MEYER. 1999. Future Wealth & Blur. Ernst & Young. Business Innovation Development Center. Crambridge, Massachusetts, USA.

El presidente BILL CLINTON aseguró que en el mes de junio de 2000 (predicción que en efecto se cumplió) se conocería completamente el mapa del genoma humano, un proyecto en el que han trabajado miles de científicos de todo 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.

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.



Ambos programas anunciaron que se ha completado el conocimiento básico de toda la secuencia del código genético, que consiste en una compilación de 3.500 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. Se comenta en el The New York Times 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 qué papel desempeña cada uno de los 34.000 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 sólo 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 pueda llevar 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; de esta forma Compaq ya construyó uno de los más poderosos equipos para permitir la secuenciación del genoma humano, de igual forma IBM lanzó su Discovery

Link, que permite homologar bases de datos farmacéuticas con las secuencias nucleóticas de índole molecular, y anunció la comercialización de un nuevo computador gigante, con una velocidad 500 veces superior a los computadores actuales más veloces, que ayudará indudablemente al progreso de la investigación genética.

El torrente de información genética plantea una nueva estrategia para el desarrollo de fármacos, pero la dimensión de la información presenta un reto formidable: la verdadera carrera es la de ser el primero en encontrar y patentar los genes relacionados con las enfermedades clave; de esta forma, se presentará el nacimiento de la bioinformática: análisis y administración de información genética, para el desarrollo de medicinas.

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 aspecto ético: la clonación, la eugenesia, el patentamiento de los genes y la identificación de las enfermedades hereditarias —que influirá en la decisión de la pareja portadora de las mismas, de tener hijos—, son sólo algunos de los aspectos que ya han creado 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 tales como resistencia a herbicidas; resistencia a insectos plaga y enfermedades (principalmente virus, bacterias y hongos); maduración tardía que reducirá las pérdidas de postcosecha; 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 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 en cuanto clima o suelo, o introducir en algunos cultivos las cualidades que naturalmente presentan algunas plantas de producir semillas sin que el proceso de fertilización ocurra, fenómeno que se conoce como apomixis, en el cual los embriones contienen la misma información genética de las plantas madres; es decir, son clones, característica de gran importancia, pues al contrario de la semilla híbrida, sus granos cosechados podrían ser utilizados por el agricultor indefinidamente como semilla.

En el campo de la investigación conjunta agro-farmacéutica se proyecta en los próximos años la comercialización de vacunas para 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 la capacidad de producir beta caroteno, un precursor de la vitamina A o hierro; la introducción en plantas de genes humanos que expresen una hormona específica, que no las pueden producir los portadores de enfermedades como la de Crohn.

Científicos del Centro de Investigación en Primates, de la Universidad de Oregon, liderados por el doctor GERALD SCHATTEN, anunciaron a principios del mes de enero de 2001 la reproducción artificial del primer mono transgénico, denominado Andi, por las siglas en inglés de la frase inserted DNA, leídas de atrás para adelante. Andi ha incorporado en su genoma el gen GFP (que secuencia proteína fluorescente verde), procedente de la medusa, cuya luminosidad verde puede ser observada en todo su trayecto. A pesar de que esta transformación genética se ha llevado a cabo en ratones desde hace varios años, Andi es el primer primate en ser modificado de esta forma. Como los monos están genéticamente más cerca de los humanos que los ratones, pueden ser un modelo más preciso para observar y estudiar cómo se desarrollan en los humanos enfermedades hereditarias como el Alzheimer y la diabetes, aplicar métodos curativos y asegurarse de que son inocuos y efectivos, antes de ensayarlos en pacientes.

En el sector de la agricultura se adelantan investigaciones para el desarrollo de productos más amigables con el ambiente al disminuir la necesidad de aplicaciones de plaguicidas o de químicos en el procesamiento, como es 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 posterior a la cosecha; árboles de Poplar que requieren menos cloro y menos energía para ser convertidos en papel, o la introducción en ornamentales de genes que expresan aromas especiales; la incorporación de genes que se manifiesten visiblemente (fluorescentes) cuando el cultivo requiere agua o tenga algún otro tipo de stress.

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, tales 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 principios de los años 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 caracterizaron molecularmente más de 80 genes de esta planta y lograron secuenciar completamente su genoma al finalizar el año 2000. La ausencia de uno de estos genes, llamado Frígida, se asocia con el florecimiento temprano, y la inserción de otro gen activado llamado Leafy en árboles de álamo, permitió que floreciera en ocho 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 año, en lugar del quinto.

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 mayoría de esta investigación se viene conduciendo en los países industrializados, naturalmente en cultivos de su interés económico. Los países de ALC deben aprovechar estos productos, si no quieren 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, por su introducción en nuestros ecosistemas tropicales.

Los índices de producción agrícola en la región muestran un incremento en los años noventa, con una dinámica en el intercambio importación-exportación de productos agrícolas, pero en términos per capita la región exporta menos que hace 20 años. Cambios significativos han ocurrido en la producción, con un aumento del sector de petróleo, frutas y hortalizas y una disminución de la producción de sorgo, algodón, papa, trigo, yuca y, en menor grado, café, arroz y fríjol. Estos cambios en la estructura de la producción han ocurrido principalmente por aumentos del área sembrada, un total de 23 millones de hectáreas en los últimos 22 años y una mayor especialización agrícola de los países del Cono Sur².

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 sustanciales de los países, sobre todo de aquellos en desarrollo, para acomodarse a este nuevo orden mundial.

América, y en particular la región de ALC, ocupa el primer lugar en diversidad biológica en el planeta. La cuenca amazónica por sí sola alberga a más de 90.000 diferentes especies de plantas superiores, 950 de aves, 300 de reptiles, más de 3.000 de peces y cerca de 500.000 diferentes especies de insectos; sin embargo, toda esta riqueza está amenazada por la paulatina destrucción y degradación de los bosques húmedos tropicales, praderas, arrecifes, humedales y otros hábitat naturales de las diferentes formas de vida.

La región de América Latina y del Caribe (ALC) es uno de los centros de origen, diversidad y domesticación de numerosas plantas que ha proporcionado alimentación a la humanidad, entre éstas se destacan la papa (*Solanum tuberosum*), la batata (*Ipomoea batatas*), el maíz (*Zea mays*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*), el fríjol (*Phaseolus vulgaris*), la yuca (*Manihot*

2 JORGE KONDO. Regional forum for agricultural research and technology development (Foragro) in Latin American and the Caribbean: its role for regional and global cooperation.

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 otras.

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, 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 socio-económico, institucional y ecológico. El impacto de algunos de ellos podrá evitarse por compromisos internacionales, jurídicamente vinculantes, 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 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 en plantas transgénicas; para 1997 se aumentó esta cifra en 4.5 veces, para un total de 12.700.000 hectáreas sembradas; en 1998 se sembraron 27.800.000 hectáreas en cultivos transgénicos, de los cuales Estados Unidos participó con el 74%. En 1999 se alcanzó la cifra de 39.9 millones de hectáreas; 43.4 en 2000; 53.4 millones sembradas en el ámbito comercial en 2001 y para este año se espera alcanzar la cifra de 60 millones de hectáreas sembradas comercialmente en el mundo.

Factores de preocupación en la introducción, uso y comercialización de ovm's

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's) al ambiente requiere de supervisión y seguimiento cuidadoso, 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.

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 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 garantizando el cumplimiento de las condiciones de seguridad necesarias para la protección del medio ambiente, la salud humana, de la producción agropecuaria y la distribución equitativa de sus ingresos entre sus habitantes.

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

— *Religiosas.* Acerca del consumo de ovm's que contienen genes de animales que tienen restricción religiosa.

— *Éticas.* En relación con el uso de ovm's 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 plantas.

— *Políticas.* En relación con el desarrollo nacional o con las decisiones internas de los países.

— *Socioeconómicas.* Referidos al temor de que el carácter privado de los dueños del desarrollo de estas tecnologías puedan afectar a los países más pobres, sustituyendo sus productos básicos de exportación.

— *Ecológicas.* La 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 homogenización de los cultivos.

A pesar de la radicalización de las posiciones (quienes consideran que estos productos deberían prohibirse vs los que consideran que son inocuos, y por lo tanto defienden que no debe haber control para su comercialización), la posición ecológicamente más sana es aquella que propende por un análisis individual, caso por caso; con una participación colegiada en su estudio, hasta que se tenga suficiente experiencia y claridad sobre sus efectos futuros, posición asumida por la Comunidad Europea, gran parte de los países industrializados y Colombia, en la reciente regulación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Es de vital importancia entender que los riesgos para la diversidad biológica no dependen, en su totalidad, cualitativa ni cuantitativamente del ovm ni de la tecnología utilizada para producirlos. Es decir, un maíz con tolerancia a herbicidas puede presentar un riesgo ambiental bajo en Canadá, pero tener un alto riesgo en regiones donde el Teocintle, pariente cercano del maíz, crece mezclado en los plantíos comerciales. 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 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 (p. ej., 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, 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 disminuirlos al mínimo posible.

El marco nacional regulatorio

El concepto de desarrollo agrícola sostenible se basa en la convicción de que es posible aumentar la producción agrícola sin afectar irreversiblemente los recursos naturales no renovables. La actual población humana tiene la responsabilidad de explotar racionalmente los recursos, de tal manera que les permita satisfacer sus necesidades, sin afectar el derecho de las generaciones futuras de satisfacer sus propios requerimientos.

Si la productividad agrícola no se puede incrementar significativamente sobre los actuales niveles, es posible que surja la necesidad de convertir áreas silvestres a la producción agrícola, las cuales por sus características no están potencialmente adecuadas para una explotación permanente, y, de otra parte, presentan una gran riqueza en flora y fauna que eventualmente podría extinguirse, al cambiar drásticamente la vocación y el uso de sus ecosistemas.

Las modernas biotecnologías presentan tanto oportunidades como retos para la región. Si los países de América Latina y el Caribe (ALC) desarrollan sus capacidades nacionales en sus sistemas de ciencia y tecnología tendrán la posibilidad de utilizarlas para el logro de su seguridad alimentaria, aumentar sus exportaciones y afianzar el desarrollo sostenible en la región.

Los países de la región requieren una infraestructura apropiada que les permita adoptar, adaptar, desarrollar y negociar de una forma eficiente las nuevas biotecnologías. El desarrollo de estas capacidades debe ser enfocado de tal manera que les permita obtener las ventajas potenciales y minimizar cualquier posible efecto adverso en el ambiente, la salud humana y animal, y los sistemas de producción agropecuaria.

El primer paso necesario para que el Estado desarrolle un ambiente propicio para la obtención de todo el potencial de la biotecnología de aumentar la producción y productividad agropecuaria, y mitigar las preocupaciones acerca de los eventuales efectos adversos, es el desarrollo de un marco regulador que establezca el uso seguro de los productos biotecnológicos de una manera oportuna y efectiva.

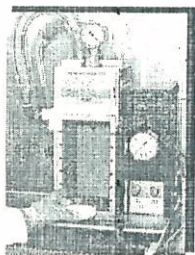
El uso seguro de OMG's compromete la participación y acción de diferentes instancias: los ministerios de Agricultura, Salud, Medio Ambiente y las entidades adscritas; los representantes de la comunidad científica, la sociedad civil, los productores agropecuarios, las organizaciones no gubernamentales 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 con la introducción, exportación, manejo y comercialización de organismos transgénicos de uso agropecuario.

A nivel 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 regulaciones sobre bioseguridad, de más de 25 países de diferentes continentes.

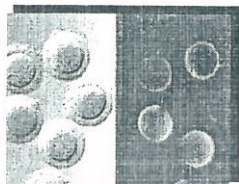
El procedimiento anterior sirvió de base para establecer en el ámbito de su competencia, instrumentos reguladores básicos para la introducción, producción, liberación al ambiente y comercialización de organismos transgénicos, que se vayan a utilizar como material de siembra en Colombia.

En Colombia se ha autorizado hasta el momento la multiplicación de material reproductivo, con fines exclusivos de exportación, de un clavel transgénico, al cual se le ha incorporado el gen de la Petunia que le confiere tonalidades violetas a la flor y ensayos a nivel semicomercial de algodón Bt, que incorpora un gen que produce una toxina que controla estados larvales de lepidópteros, plaga para este cultivo. Además se han autorizado ensayos experimentales de campo (áreas de tamaño pequeño, en condiciones estrictamente supervisadas, en lotes ubicados en centros experimentales de investigación), con fines de conocer la expresión de los genes incorporados en nuestros agroecosistemas tropicales y evaluar los posibles efectos en fauna y flora circundante (efectos del Bt en especies no objetivo de control) y la frecuencia y alcance del flujo del polen de estos genotipos transgénicos hacia otras especies relacionadas, en los cultivos de algodón, café, arroz, yuca, pastos y papa.



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

Óvulos del mono Andí, con el gen fluorescente con luz natural y bajo la luz ultravioleta.



Semillas artificiales: células embrio-génicas, las cuales pueden dar origen a una planta, se encapsulan y pueden ser manejadas como una semilla convencional (promisorias para cultivos de reproducción vegetativa como papa, yuca, ñame, al permitir la mecanización en su siembra y disminuir la cantidad requerida de semilla convencional).



Foto de un ensayo experimental con arroz transgénico, desarrollado en el Centro Internacional de Investigación en Agricultura Tropical (CIAT) en Palmira. Nótese los cuidados para evitar el flujo de polen con el aislamiento del lote con pasto elefante en los bordes del lote; la malla antipájaros y las panículas de la planta cubiertas.

Seminario de actualización jurídica y científica

El Centro de Estudios sobre Genética y Derecho realizará, los días 22 y 23 de mayo, un seminario sobre *Filiación y pruebas genéticas de ADN* en el que intervendrán como conferencistas profesores especializados que tratarán los temas de máximo interés en torno de estos análisis que se han considerado una verdadera revolución probatoria, y su aplicación en materia de filiación.

Conferencias:

- *La investigación de la filiación en Colombia: un problema de responsabilidad política. Pasado, presente y futuro.* Fernando Hiestrosa
- *Los marcadores genéticos y la certeza del resultado obtenido.* Juan Yunis Londoño
- *Implicaciones procesales de la Ley 721 de 2001.* Miguel Enrique Rojas Gómez
- *La paternidad.* Jairo Rivera Sierra
- *La maternidad.* Emilssen González de Cancino
- *Bases de datos genéticos poblacionales para la validación de pruebas de ADN en Colombia.* Miguel Hernando Paredes López
- *¿Cómo se determinan los patrones de ADN?* Emilio Yunis Turbay
- *La prueba técnica de ADN en los procesos de filiación.* Luis David Durán Acuña
- *Procesos de acreditación de los laboratorios que realizan pruebas de ADN.* Jaime Bernal Villegas
- *Los derechos fundamentales y la Ley 721 de 2001, juicio de proporcionalidad, perspectiva constitucional.* Néstor Iván Osuna Patiño
- *Análisis jurisprudencial.* Marco Antonio Álvarez Gómez
- *Análisis conclusivo de la Ley 721 de 2001.* Fernando Alarcón Rojas.

Amigo Lector: Sus opiniones nos serán útiles y gratas. Las esperamos en el Centro de Estudios sobre Genética y Derecho, oficina A-407, Universidad Externado de Colombia, calle 12 n.º 1-17 este, o en la dirección de correo electrónico <deromano@uexternado.edu.co>.