

## **CAPÍTULO UNO**

### **LA BIOTECNOLOGÍA: REPERCUSIONES SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICAS**

**1.1** Concepto, evolución y aplicaciones actuales de la Biotecnología. **1.2** Cuestiones en debate: cuestiones éticas sociales y económica. 1.2.1 Un Caso Específico: Los Transgénicos a) Entendiendo esta nueva tecnología b) El debate sobre los alimentos y cultivos transgénicos **1.3** Conclusiones y Comentarios Finales al Capítulo

Este capítulo pretende esclarecer al lector qué se entiende por biotecnología; sus aplicaciones actuales y las nuevas interrogantes éticas, sociales, ambientales, económicas y jurídicas que trae consigo esta nueva tecnología; ejemplificaremos esta polémica presentando el debate que se presenta en relación a las plantas transgénicas. Buscamos además, que se comprenda qué es y cómo se logra crear un organismo genéticamente modificado (OGM) para que se pueda tener una mayor capacidad crítica ante los argumentos de quienes apoyan o denuncian esta rama de la biotecnología. Todo lo anterior permitirá establecer mejor el primer contacto con el tema principal de esta tesis: la relación entre esta tecnología y el Derecho de Propiedad Intelectual; veremos pues, cómo surgieron estos derechos exclusivos sobre las invenciones relacionadas con seres vivos; veremos los criterios que sobre los cuales se apoyan quienes defienden y quienes se oponen al otorgamiento de dichos derechos.

#### **1.1 Concepto, Evolución y Aplicaciones Actuales de la Biotecnología**

Las biotecnologías, en sentido amplio, son tecnologías cuyo soporte lo constituyen seres vivos. Bajo esta definición, el ser humano desde época de la Revolución Neolítica (hace unos diez mil años) a nuestros días, es biotecnólogo, pues comenzó a domesticar plantas y animales, haciéndose agricultor y ganadero; seleccionando ejemplares cuyas características le eran más interesantes; llevó a cabo prácticas empíricas de hibridación, aprendiendo así la mejora genética de las especies. El hombre también descubrió y desarrolló las fermentaciones; con bacterias y levaduras y fue gracias a ello que hoy tenemos el pan, el vino, la cerveza, el queso, los yogures, etc. Más tarde, se las ingenió para depurar las aguas fecales usando microorganismos. Todo lo anterior, son ejemplos de lo que muchos autores llaman biotecnologías tradicionales.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Respecto a la historia de la biotecnología podemos identificar 4 etapas.

La primera corresponde a la época anterior a Pasteur; es decir, hasta la segunda mitad del siglo XIX y se caracteriza por la aplicación artesanal de la experiencia derivada de la práctica cotidiana.

La segunda época la marca Pasteur con su descubrimiento sobre la responsabilidad de los microorganismos en la fermentación; más tarde, estos conocimientos se completaron con el hallazgo de Buchner que dio cuenta que las enzimas extraídas de las levaduras son capaces de convertir azúcar en alcohol. Ambos descubrimientos dieron un giro al uso de las técnicas de fermentación para el sector alimentario y al desarrollo de la industrialización de productos como los ácidos cítricos y lácticos, las levaduras, la acetona, el butanol y el glicerol.

El tercer periodo inició con el descubrimiento de Fleming en 1928 de la penicilina, lo que provocara que para la década de los cuarenta, se diera la producción a gran escala de antibióticos. Otro acontecimiento importante de los años treinta fue el comienzo de la aplicación de variedades híbridas en la zona maicera de Estados Unidos con incrementos en la producción, lo que influyó en que, para los años sesenta, llegara la “revolución verde”.

La cuarta y última época es en la que nos encontramos hoy día. Inició con el descubrimiento de Watson y Crick\*; en 1953 seguido de los primeros experimentos de ingeniería genética de Cohen y Boyer\*\* en 1973 y los trabajos de Milstein y Kohler\*\*\* en 1975. Dichos acontecimientos marcaron el inicio de lo que muchos llaman “nuevas biotecnologías”; a partir de entonces, se han venido sucediendo, avances vertiginosos en este ámbito, comenzando a expandirse los campos de aplicación de la biotecnología, haciendo que hoy sea posible hablar de clonación animal, de biofármacos, de organismos genéticamente modificados, etc. (Ver: Quintero Ramírez, Rodolfo. En: México Ante las Nuevas Tecnologías. Porrúa, México, 1991. pp 168-177)

\*Watson y Crick descubrieron la doble hélice del DNA contenida en el código humano. La relevancia de los descubrimientos de Watson y Crick consiste en que se puede entender mejor el funcionamiento de las moléculas de la vida y que éstas tienen forma tridimensional; pero aún más importante es, el que se pudiera notar que todos los seres vivos compartimos características similares a nivel molecular.

\*\*Los primeros experimentos de ingeniería genética los realizaron Cohen y Boyer en 1973 logrando por primera vez la clonación de un gene. Por otra parte, el introducir un gene externo al interior de una bacteria

Pero entonces, ¿qué son las biotecnologías modernas? El Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología en su artículo 3i) la define así: “es la aplicación de: (a)técnicas in vitro de ácidos nucleicos, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácidos nucleicos en células u orgánulos; o (b) la fusión de las células más allá de la familia taxonómica, que superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional”.

Como podemos ver, la nueva biotecnología es muy amplia y de acuerdo a esta definición puede comprender: la ingeniería genética, las técnicas de clonación (replicación) de organismos, los cultivos de células en el laboratorio, la fusión celular, etc. Supone también la posibilidad de superar o saltar los mecanismos naturales de la evolución e intervenir en las interacciones genéticas, que eran antes inaccesibles al ser humano.

El uso de la microbiología, aunado a la biología molecular y la bioquímica, fueron fundamentales en el nacimiento de la nueva biotecnología, abriéndose progresivamente

---

y lograr que ésta fabricara el producto codificado por ese gene fue logrado por primera vez por Herbert Boyer y Robert Swanson, fundadores de Genetech, dueña de la patente de la insulina humana que lograron expresar en el E.coli y la primera patente concedida a un fármaco obtenido mediante ingeniería genética. (Ver: Soberón Mainero, Francisco Xavier. La Ingeniería Genética y la Nueva Biotecnología. FCE. Colección La Ciencia desde México #145. México, 1995. Pp 118, 119. Ver también: Rodolfo Quintero Ramírez. Op cit. Supra, Pp 169-172 )

\*\*\*Sus trabajos consistieron en descubrir el proceso de una fusión entre dos células específicas: una de ellas posee capacidad por sí misma, de crecimiento y de reproducción; la otra, es una célula programada para producir un anticuerpo específico. El resultado es una nueva célula híbrida con capacidad de reconocimiento selectivo de sustancias particulares (creándose así un nuevo sistema de diagnóstico) y con capacidad para inmunizar seres vivos contra enfermedades. A esta célula se le nombra “anticuerpo monoclonal” y a la técnica, muchos la conocen como “técnica del hibridoma” Actualmente, sin embargo, se usa una combinación de todas las técnicas y es por ello que ya se le encuentra muy ligada o como parte de la ingeniería genética. (Ver:Rodolfo Quintero Ramírez.Op. Cit. Supra, pp 168-177) (Ver también: Riechmann, Qué son los Alimentos Transgénicos, pp.9-18)

nuevas posibilidades y campos de acción para ésta. La biotecnología moderna se sirve hoy de múltiples técnicas avanzadas para manipular el material genético<sup>2</sup> y una que ha cobrado especial relevancia, es la ingeniería genética. A esta última podemos entenderla como un conjunto de técnicas que permiten descifrar los códigos de la materia viva para reprogramarla, ello implica el aislamiento de dicho material genético (secuencias de ADN o ARN), separarlo y hacer la inserción y expresión de genes ajenos en otro ser vivo que es el receptor, incorporándose así, caracteres novedosos y acortando los tiempos para la aparición de nuevas variedades, o simplemente, logrando introducirse también características que jamás se hubieran podido lograr con las leyes naturales de la evolución; como ocurre en el caso de la inserción de genes pertenecientes a seres de

---

<sup>2</sup> Considero conveniente dar una breve explicación concerniente a la constitución del material genético de los seres vivos, pues del entendimiento de estos antecedentes, se pueden entender los alcances de la biotecnología y con ello, las posturas a favor y en contra de la misma.

Todo ser vivo está formado por células; toda célula está formada por cientos de miles de moléculas distintas. Una molécula es un término químico que nos indica la unión de varios átomos. Las moléculas son pues, entidades muy pequeñas en constante transformación, la cual se ha ido presentando durante miles de millones de años de evolución (las moléculas de la vida surgieron hace unos 3 mil o 4 mil millones de años). Esto ha resultado en diversidad biológica, pues la combinación y el conjunto de interacciones entre las mismas, hace que un ser vivo difiera de otro. Como todo ser vivo está compuesto por los mismos tipos de moléculas (que son una combinación de seis elementos comunes, a saber: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre), el código genético es universal. Por eso, los genes que construyen a un ser humano, son los mismos que se encuentran en una mosca.

Las moléculas informacionales de los seres vivos son los llamados ácidos nucleicos, y son dos: el DNA y el RNA. EL primero se encuentra en el núcleo y es una molécula almacenadora de información hereditaria; el RNA en cambio, se encuentra en el núcleo y en el citoplasma y su función principal es ser mensajero de las órdenes del DNA a todas las partes de la célula. Ambos ácidos nucleicos son moléculas inmensas formadas por miles de moléculas más pequeñas llamadas nucleótidos. Cada nucleótido está formado a su vez, por tres moléculas distintas: un fosfato un azúcar (desoxirribosa en el caso del DNA y ribosa en el RNA) y una base nitrogenada. Las bases del ADN son 4: Adenina, Timina, Citosina y Guanina representadas por 4 letras: A, T, C y G

A partir del ADN, se obtienen las proteínas, que son las ejecutoras de la información proporcionada por el propio código genético. Cada proteína corresponde a un gene; y un gene no es más que una sección determinada dentro de una cadena de ADN. El código genético es entonces, la secuencia de bases de la molécula de ADN y corresponde a la secuencia de aminoácidos de una proteína. Relaciona un código de cuatro letras (bases) con el de 20 letras de los aminoácidos. Se necesitan 3 bases por cada aminoácido. Lo que acabamos de decir es importante, porque cuando se inserta un nuevo gene mediante los procesos biotecnológicos modernos, se inserta también al ser vivo, la capacidad de generar una nueva proteína que lleve a cabo funciones específicas.

(Ver: Reyes Peza, Eugenia. Curso de Biología Segundo Grado. Editorial Trillas pp. 11,12, 17-38; Soberón Mainero, Francisco Xavier. Op. Cit. Nota 4. pp.12-21, 171-175)

reinos totalmente distintos<sup>3</sup>. En pocas palabras, mediante ingeniería genética es posible recortar y pegar genes, alterando de manera artificial los genomas de distintos organismos. Los organismos así obtenidos, los llamamos organismos transgénicos u organismos genéticamente modificados (OGM).

Estas técnicas novedosas no son lo único que define a las nuevas biotecnologías; otras características de la biotecnología moderna son: su dependencia de insumos y participación de distintas disciplinas científicas y tecnológicas;<sup>4</sup> sus aplicaciones multifacéticas y en sectores amplísimos; mismas que salen del ámbito meramente científico y tocan cuestiones que involucran a la ética, el derecho, el trabajo, el medio ambiente, las relaciones industriales, aquellas entre países de distintos grados de desarrollo, etc<sup>5</sup>. Por otra parte, Luis T Díaz Müller<sup>6</sup> afirma que la fase actual de las biotecnologías se caracteriza por su aplicación industrial. Esta postura es ratificada en

---

<sup>3</sup> El compartir genes con los demás seres vivos implica que a nivel molecular lo vivo funcione esencialmente de la misma forma y ello es lo que hace posible que se “recorten y peguen” genes de una especie a otra sin que se dé el fenómeno de “rechazo” al momento de llevar a cabo un cambio en la información genética de un individuo.

Los biólogos moleculares se sirven en muchas ocasiones de las enzimas para poder llevar a cabo la inserción de los genes deseados. Hay enzimas capaces de reconocer y cortar el ADN en secuencias específicas; esto fue descubierto por Hamilton Smith y Daniel Nathans en 1970. Otras enzimas –como la enzima ligasa– sirven para que sea posible reasociar dos moléculas de ADN, reconstituyendo el enlace covalente (o fuerte). (Ver: Soberón Mainero, Francisco Xavier. Op cit Nota 4, Pp 30, 31, 36, 44) (Ver también: Jorge Riechmann. Qué son los alimentos transgénicos p. 15. y: Reynaldo Ariel Álvarez Morales en “¿Cómo se Crean los Organismos Genéticamente Modificados (OGM)?” El Mercado de Valores, Noviembre-Diciembre 2000)

<sup>4</sup> Involucra ciencias básicas como la bioquímica, la biología molecular, la biología celular, la genética, la inmunología; e ingenierías como la microbiología, la fermentación, la ingeniería de procesos y la ingeniería enzimática para contribuir en el manejo de materiales biológicos y en el mejoramiento de procesos y métodos; así, se hace uso de (Bull, A.T., G. Holt y M.D. Lilly. Biotechnology: Internacional Trends and Perspectivas, Paris, OECD, 1982. citado por Quintero Ramírez)

<sup>5</sup> Ver: Ruivenkamp, G. Biotechnology: A Restructuration of Food Production. The Transition to a New Labour Organization in the Agro-Industrial Chain of Production Dordrecht, Martines Nijhoff Publishers, Kluwer Academia Publishers Group, 1988. citado por Quintero Ramírez Capítulo VI “Biotecnología” en: México Ante las Nuevas Tecnologías. Leonel Corona (coordinador) Editorial Porrúa 1991.

<sup>6</sup> En su libro: Derecho de la Ciencia y la Tecnología del Desarrollo. Editorial Porrúa. México, 1995.

cierto modo por Rodolfo Quintero Ramírez<sup>7</sup> al definir a la biotecnología como: “... el empleo de organismos vivos, o de sus componentes, en procesos industriales, principalmente mediante la manipulación del propio material genético”.

Como ya se ha dicho, hoy vemos la biotecnología presente en muchísimas industrias y sectores. Las innovaciones en la biotecnología son incrementales y han resultado en nuevas áreas de investigación y desarrollo. Como ejemplos tenemos los siguientes sectores: la bioinformática<sup>8</sup>, la química fina, la industria (por ejemplo la producción de enzimas con nuevas áreas de utilización, nuevas técnicas en la minería, la producción de nuevos materiales, el desarrollo de combustibles alternativos al petróleo)<sup>9</sup>, medio ambiente (por ejemplo para el tratamiento y aprovechamiento de residuos y técnicas relimpieza ambiental), la alimentación (para el enriquecimiento de alimentos procesados, plantas transgénicas), las armas biológicas, la genética, etc. Sobre esta última área de la biotecnología, cabe decir que el descubrimiento e investigación de los genes y la expresión de secuencias genéticas han sido áreas de investigación primordiales, pues ello se relaciona con la determinación de los orígenes y causas de las enfermedades del ser humano. A manera de ejemplo, podemos citar el trabajo del gobierno de los Estados Unidos en el Proyecto del Genoma Humano, entre cuyas metas específicas se encuentra el facilitar el descubrimiento de genes que causan o contribuyen a las enfermedades del

---

<sup>7</sup> En: Capítulo VI “Biotecnología”: México ante las Nuevas Tecnologías. Leonel Corona (Coordinador). Editorial Porrúa, 1991. Pg. 163.

<sup>8</sup> La bioinformática es la tecnología que conjunta a la biología y química y las enfoca hacia la era de la tecnología de la información, abriendo las puertas para una gran gama de descubrimientos en prácticamente cualquier área del conocimiento científico.

<sup>9</sup> Por ejemplo en detergentes, medicinas, industria química, alimentos, etc.

hombre.<sup>10</sup> Gracias a esto, podrá predecirse la predisposición de los individuos a enfermarse, sus reacciones a medicamentos y posibles terapias.

Una promesa que la biotecnología moderna puede ofrecer en cuanto a mejoras significativas a la salud, es la terapia génica. La terapia génica puede ser de dos formas: germinal (o embrionaria) y somática. Con ingeniería genética, se pueden reparar daños genéticos, dándole a los pacientes copias sanas de sus genes defectuosos. Se espera poder curar con estas dos técnicas<sup>11</sup>: el asma, el cáncer, la diabetes, la artritis, la fibrosis cística, el síndrome de Down, la esclerosis, entre otras enfermedades. Caben resaltar diferencias importantes entre las mismas. Cuando la terapia génica es germinal, los cambios se hacen en la etapa embrionaria y esto hará que la descendencia de ese ser herede el cambio genético. Cuando la terapia génica es a nivel somático, se usa un tejido de un ser vivo ya desarrollado; luego el ADN del tejido de ese individuo es modificado y “curado” y luego reintroducido al mismo dueño de esos genes.<sup>12</sup> Un ejemplo podría ser tomar una porción de médula ósea del paciente, manipular sus células y repararlas para después reintroducirlas al paciente, quien podría tener una esperanza de curarse de enfermedades de la sangre como la hemofilia. Con esta terapia sólo el receptor es el beneficiado y las modificaciones no son heredadas.<sup>13</sup>

---

<sup>10</sup> Ver: Feisee, Lila y Brian Stanton “Are Biotechnology Patents Important? Yes! pg 1

<sup>11</sup> Solleiro, José Luis “Perspectivas Económicas de la Biotecnología en el Contexto Internacional”. En: El Mercado de Valores noviembre/diciembre 2000.

<sup>12</sup> La terapia génica de este tipo comenzó a usarse en septiembre de 1990 para curar a un niño que carecía de la enzima adenosina disaminasa. (Soberón Mainero)

<sup>13</sup> Ver: Soberón Mainero, Francisco Xavier. La Ingeniería Genética y la Nueva Biotecnología. FCE, Colección La Ciencia Desde México, 145. pp. 138-144.

Bajo estas mismas bases, se han desarrollado lo que se conoce como “granjas transgénicas” o “granjas moleculares”. Ya se ha mencionado que la biotecnología moderna permite que actualmente se puedan introducir genes a varias especies de manera estable; esto se hace mediante la microinyección y el cultivo de embriones y ya se ha llevado a cabo con éxito en ratones, cerdos y ovejas, entre otros; aunque no siempre se logra certeza con la microinyección sobre dónde inserten –y por lo tanto, expresen- los genes.<sup>14</sup> En esta rama hoy puede hablarse inclusive del “cultivo” de órganos en animales que no provoquen rechazo en el ser humano al serle transferidos; a esto se le conoce con el nombre de xenotransplante. Esto puede bien considerarse un avance destacado y un ejemplo de esperanzas para la medicina que pueden lograrse con ingeniería genética.

Otro campo en donde la biotecnología ha encontrado un crecimiento prolífico ha sido en el área de los fármacos<sup>15</sup> y vacunas. Mediante ingeniería genética, se han logrado obtener productos tales como: la Insulina humana para controlar la diabetes, la hormona de crecimiento humano, vacunas para la hepatitis B, el Alfa Interferón para casos de leucemia y Sarcoma de Kaposi; el factor VIII:C y el Factor antihemofílico humano indicados para la hemofilia; la Alteplasa recombinante y el TPA para el tratamiento de

---

<sup>14</sup> Uno de los primeros casos en donde se utilizó la modificación genética para dar terapia a una carencia hereditaria humana, fue el caso de la alfa-1 antitripsina humana, la cual está vinculada con el enfisema. Científicos británicos colocaron el gene que codifica la alfa-1 antitripsina frente a la región regulatoria del gene de la beta-lactoglobulina, que es una de las proteínas de la leche ovina. Al microinyector el gene en embriones de borrego, más tarde en algunas de las ovejas transgénicas, el gene se expresa en la glándula mamaria y se obtiene leche con grandes cantidades de alfa 1 antitripsina humana. Como la microinyección se realiza al embrión, las hijas de estas ovejas mantendrán esa característica. Este logro tal vez pueda trasladarse a muchas otras enfermedades como la hemofilia en donde se pueda suministrar mediante leche, la proteína carente al paciente. (*Ver: Ibid. pp. 124-125*).

<sup>15</sup> Por ejemplo, entre 1990 y el año 2000, los fármacos obtenidos mediante biotecnología crecieron de un 3 a un 20%. Para ese entonces, ya se habían aprobado más de 90 productos de este tipo para la salud. La ONU de un estudio realizado a 350 empresas biotecnológicas, señaló que el 40% de las mismas se enfoca a la salud humana. <http://www.bio.org/aboutbio/quide2000>. Biotechnology Industry Organization, Washington (BIO)



infartos; el Trastuzumab para tratar el cáncer mamario; la Epoetina alfa indicada para la anemia; la Lepirudina usada como terapia anticoagulante; el Depocyt utilizado e casos de meningitis; la Folitropina alfa para solucionar la infertilidad funcional; el Interferón alfacón-1 para tratar la hepatitis C<sup>16</sup>; entre otros.

En el sector pecuario, la biotecnología busca incrementar la producción de alimentos y su calidad; esto, mediante cambios en la dieta de aves, cerdos, becerros, vacas, etc. También mediante la creación de animales transgénicos, que pueden tener características muy distintas, como el tener un mayor tamaño, el ser resistentes a distintas enfermedades como el virus de la leucosis A en los pollos, o la mastitis en los pollos o la neumonía viral de los ovinos. Un ejemplo del uso de la biotecnología en el sector ganadero lo tenemos con la inyección a las vacas con una hormona de crecimiento bovino distribuida por Monsanto llamada somatotropina, la cual estimula la producción de leche entre un 15 y 20 por ciento. En Estados Unidos, México, Brasil y Jamaica ya se usa esta hormona, mientras que en la Unión Europea su uso está prohibido, bajo argumentos de seguridad. Y no es para menos: un informe del gobierno canadiense informó que entre un 20 y 30% de ratas alimentadas con esta leche durante 90 días, desarrollaron anticuerpos a la hormona, probándose que esta sí había penetrado en la sangre, alertando al sistema inmunológico (Monsanto había asegurado que la hormona no era activa por vía oral); además, aparecieron quistes en tiroides e infiltraciones en la próstata de algunos machos. Se sabe también que la leche de las vacas tratadas con la hormona transgénica de

---

<sup>16</sup> Sercovich, F. y Leopold, M (1991). Developing countries and the New Biotechnology: Market Entry and Industrial Policy. Ottawa, International Development Research Center y BIO (2000). Citados por José Luis Solleiro en: "Perspectivas Económicas de la biotecnología en el Contexto Internacional" El Mercado de Valores noviembre/diciembre 2000 p. 20.

crecimiento bovino contiene el llamado IGF-1<sup>17</sup> que incrementan riesgos de contraer cáncer de próstata, mama y colon, entre otros. Un segundo ejemplo son los llamados “supersalmones”; los cuales llegan a pesar 300 kg.<sup>18</sup>

Un sector de la biotecnología que está teniendo una importancia y crecimiento equiparable o inclusive mayor al que registra el sector salud, es en el sector agrícola. En esta área se busca generar nuevas plantas y semillas que sean atractivas para los agricultores y consumidores finales. Estas nuevas plantas podrían tener aplicaciones más allá de la alimentación y utilizarse para el procesamiento de alimentos, el desarrollo de nuevos fármacos a partir de plantas, nuevas terapias usando plantas transgénicas para producir proteínas de uso terapéutico (de esto último se deben llevar a cabo investigaciones exhaustivas sobre la toxicidad de la proteína para los humanos), el desarrollo de la química fina, etc. Ésta área como en todas las anteriores, ha sido fuertemente cuestionada y deseamos profundizar sobre ello en esta tesis, por lo que expondremos los detalles más adelante.

## **1.2 Cuestiones en Debate: Cuestiones Éticas, Sociales y Económicas**

---

<sup>17</sup> Se llama así por sus siglas en inglés de su nombre: Insulin- Like Growth Factor-1 (Factor de Crecimiento 1 Semejante a la Insulina) éste es idéntico en humanos y en vacas. (Fuente: Shiva Chopra et al: rBST (Nutrilac) Gaps and análisis. Report by rBST Internal Review Team, Health Protection Branch, Health Canada. Ottawa, 21 de abril de 1998. Citada por Jorge Riechmann en: Alimentos y cultivos Transgénicos p.70)

<sup>18</sup> También hay una preocupación en torno a la posibilidad de que animales transgénicos se escapen. En el caso de los salmones, si estos llegaran a salir de las jaulas flotantes por un eventual agujero en la malla, las hembras seleccionarían a estos peces por su tamaño corporal para aparearse, lo que afectaría a los peces no transgénicos. Pero la descendencia tal vez tendría menos viabilidad por estar menos adaptada que la población natural. (Riechmann, Jorge. Qué son los Alimentos Transgénicos p 44)

Es ya ampliamente difundido que la biotecnología se puede equiparar en importancia a los avances en la informática; y que será tal vez, la tecnología más importante del siglo XXI. Sin embargo, hay ramas de la biotecnología que amenazan a los valores y al medio. La sociedad siempre ha tenido que encarar cuestionamientos éticos y filosóficos vinculados a sus actos; pero el problema es que ahora los cambios ocurren en mayor grado y rapidez. Los avances científicos en materia de biotecnología han provocado que en el corto tiempo, se hagan grandes inversiones económicas en el área para impulsar la investigación en biología molecular; pero también surgen nuevas preocupaciones sociales y nuevos compromisos comerciales internacionales vinculados con las mismas. El panorama entonces, se nos muestra como una situación con implicaciones éticas, sociales, económicas y por supuesto, jurídicas. En esta sección expondremos de qué se tratan algunas de estas nuevas dificultades, dando primero un panorama general y después enfocándonos a los transgénicos.

En el caso de la biotecnología relacionada con la terapia génica germinal, es la posibilidad cada día más cercana no sólo de una clonación humana, sino también de la obtención de humanos transgénicos lo que controvierte la escala de valores. Surge la interrogante de cómo determinar hasta dónde pueda trazarse la línea entre enfermedades, defectos y modificaciones eugenésicas o frívolas. Se teme al posible hecho de que a las personas se les encasille o discrimine por su genotipo; al mismo tiempo de que comience una cultura determinista que propugne que “todo está en los genes”, so bajando algunas cuestiones morales como la solidaridad y la responsabilidad social.<sup>19</sup> Ante estas

---

<sup>19</sup> Sobre este tema, dos libros mexicanos sencillos e interesantes: Marcia Muñoz de Alba Medrano (Coordinadora). Reflexiones en torno al Derecho Genómico. Universidad Nacional Autónoma de México,

circunstancias, el derecho debe responder para asegurar equidad y protección de los derechos humanos y civiles; buscando proteger la autonomía de la voluntad, la dignidad, la confidencialidad, el consentimiento informado, la titularidad de la información genómica, la no comercialización del cuerpo humano ni sus partes, etc.

Se critica también, el sufrimiento de los animales que son usados para la experimentación; la alta proporción de embriones y fetos muertos, de deformidades en la placenta y en el cordón umbilical. En efecto, de un embrión en etapa temprana, que está constituido por células totipotenciales –es decir no especializadas- puede originarse uno o varios nuevos embriones idénticos al primero. El análisis de éstos para ver si son portadores o no de una lesión genética, normalmente los destruye pero como hay varios embriones idénticos, puede lograrse sanear alguno de ellos y utilizarse para intentar llevar a término un embarazo.

Es reprochable además, el posible incremento de la disparidad Norte Sur; la potencialidad de que surjan nuevas injusticias en el acceso igualitario a los conocimientos y a la biotecnología genética en sí; especialmente en lo referente a la salud y la alimentación y frente a la posibilidad de patentamiento o de otorgamiento de otros derechos de propiedad intelectual. Se rechaza la idea de que en determinado momento, sea más importante proteger estos derechos que obedecen a los intereses comerciales de las trasnacionales de países desarrollados, que velar por un sentido de justicia y humanidad.

Además de todo lo anterior, para cada área específica de la biotecnología, existe otro número problemáticas más concretas. A continuación puntualizaremos una de estas áreas: los transgénicos.

### **1.2.1 Un Caso Específico: Los Transgénicos**

Hasta ahora hemos buscado plantear el panorama general de la biotecnología moderna y el sinnúmero de opciones que plantea (pudiendo cada una ser tema de estudio exhaustivo y en diferentes materias del Derecho); pero nosotros hemos escogido la Propiedad Intelectual y los transgénicos. Es ahora tiempo, de adentrarnos en este tema.

#### ***a) Entendiendo esta nueva tecnología***

En un principio, la llegada del ADN recombinante<sup>20</sup> no tuvo un impacto tan fuerte en su aplicación a las plantas como el que se presentó en el sector salud o en el de microorganismos y animales modificados genéticamente<sup>21</sup>. Sin embargo, en la década de los noventa, los científicos fueron detectando la utilidad y la potencialidad que podía tener el uso de dicha técnica para manipular plantas.

---

<sup>20</sup> Ingeniería genética y ADN recombinante (también expresado ADNr) son sinónimos; ambos términos se usan para designar a la tecnología aplicada para obtener moléculas de ADN híbridas, por ejemplo, provenientes de distintos seres vivos. A los seres vivos obtenidos mediante dichas técnicas, los conocemos como transgénicos.

<sup>21</sup> En páginas anteriores se ha hablado ya de las formas de obtención de estos animales transgénicos con propósitos alimentarios y como fuente de materias primas para terapias génicas y de experimentación; más adelante hablaremos también de otros inventos controversiales y relevantes como el oncomouse.

Estimo conveniente explicar cómo se obtienen los organismos transgénicos –también conocidos como organismos genéticamente modificados (OGM)-, ya que en entre los objetivos de esta tesis se encuentra el descubrir los alcances de la problemática que se suscita en relación al otorgamiento de Derechos de Propiedad Intelectual sobre procesos y productos relacionados con seres vivos de esta naturaleza.

El primer paso para la obtención de OGM es la identificación<sup>22</sup>, aislamiento y multiplicación del gen que tiene la característica que nos interesa. Un proveedor accesible de genes son los microorganismos; más específicamente las bacterias, pues su genoma es pequeño (poseen tan sólo entre un mil y 10mil genes) y porque se tiene mucha experiencia en su cultivo y manejo, inclusive a niveles artesanales. Identificado y cortado el gen –por lo general con la ayuda de enzimas-, se procede a su multiplicación. Ésta se lleva a cabo con el objetivo de tener suficiente material con qué trabajar; para ello, el gen se inserta en lo que se conoce como “vector de clonación”, que es una pequeña cadena de ADN que se replica de forma autónoma dentro de una bacteria y así se pueden obtener cientos de copias dentro de una sola bacteria.

Obtenidas las copias del gen deseado, se lleva a cabo su caracterización bioquímica, o sea, su secuenciación. Esto es hecho por lo general por computadoras. La secuenciación

---

<sup>22</sup> La información aquí expuesta concerniente a la obtención de OGM proviene principalmente, de 3 fuentes: 1) Jorge Riechmann, Cultivos y Alimentos Transgénicos. Una guía crítica. Los Libros de la Catarata, Madrid 2000. 2) Francisco Xavier Soberón Mainero La Ingeniería Genética y la Nueva Biotecnología. Fondo de Cultura Económica, Colección la Ciencia desde México, No. 145.México. 3) Reynaldo Ariel Álvarez Morales “Cómo se Crean los Organismos Genéticamente Modificados (OGM)? En: El Mercado de Valores, noviembre/diciembre 2000.

nos muestra el tamaño y las características de la proteína que genera ese gen, sus datos evolutivos y su función.

Debido a que los genes poseen una región estructural (con la información de la proteína que creará) y una región promotora (la que hace que el gen se “prenda” o “apague”, es decir, que produzca o no una proteína de acuerdo a las necesidades del organismo), es necesario que al momento de insertar un gen de origen bacteriano a una planta, sea eliminado el promotor que usaba la bacteria y cambiarlo por el promotor de una planta para que de ese modo se logre expresar el gen<sup>23</sup>. En otras palabras, debemos usar el promotor del organismo receptor y no el promotor del organismo de quien procede el gen. Acto seguido, se debe introducir un “terminador”, el cual marcará el final del gen para evitar que ya insertado el nuevo gen, se lean otros genes de más.

Otro cambio genético que se lleva a cabo es la inserción de “genes marcadores”. Estos provienen por lo general de bacterias y fueron creados para saber de una manera más fácil y rápida si los genes han sido trasladados con éxito. En relación a las plantas, éstos por lo general le confieren la capacidad de sobrevivir la presencia de un antibiótico o herbicida, siendo los más utilizados actualmente aquellos que otorgan resistencia a la planta al antibiótico kanamicina o higromicina al herbicida Basta y al herbicida Roundup.

---

<sup>23</sup> El promotor más usado es un gen viral, procedente del virus del mosaico de la coliflor (promotor CaMV) y lo encontramos en el 90% de los cultivos transgénicos. Sin embargo, existe dudas sobre la seguridad sobre este promotor debido a su inestabilidad estructural, la cual aumenta el riesgo de que se incorpore a otro material genético, recombinándose con otros virus, facilitando la transferencia horizontal de genes a especies no emparentadas y pudiendo tal vez generarse nuevos patógenos. (Ver: Jorge Riechmann. Cultivos y Alimentos Transgénicos. Una guía crítica. Ediciones de la Catarata, Madrid, 1999. pp 56-57 )

Una vez modificado el material genético que se desea insertar, se sigue una fase de transformación (o transferencia de genes). Ésta ha sido basada en el proceso natural de la *Agrobacterium Tumefaciens* para infectar algunas plantas como la vid. Esta bacteria introduce su plásmido TI a plantas y éste se inserta en el ADN de la planta, lo que altera los procesos celulares, por lo que se originan células tumorales que se reprograman para fabricar nutrientes para la bacteria. De la observación de este fenómeno, los científicos encontraron en los plásmidos un mecanismo por el cual podrían llevar a cabo transformaciones genéticas en distintos seres vivos.

Decidieron entonces, eliminar del plásmido TI los genes inductores de tumores y de fabricación de nutrientes para la bacteria (opinas) y se retuvieron las características que posibilitan a la bacteria transferir material genético para tener entonces, un plásmido TI desarmado, al cual se le colocan en cada extremo el gen fabricante de la proteína deseada, junto con el gen marcador y el terminador.

Así las cosas, para crear plantas transgénicas, se recurre por lo general al uso de plásmidos, pues estas pequeñas moléculas circulares de ADN son capaces de invadir la planta e introducirle un segmento de ADN que ha sido ya modificado. Y el llamado plásmido TI, del cual la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* es portadora sigue siendo uno de los más utilizados para llevar a cabo esta tarea<sup>24</sup>. El plásmido desarmado es

---

<sup>24</sup> Otros vectores que también se utilizan además de los plásmidos para la transferencia son los provenientes de “parásitos genéticos”, como los virus (comúnmente en el caso de las plantas) y de los retrovirus (en el caso de animales); pues todos estos comparten la capacidad de invadir células e insertarse en el genoma de éstas. Los vectores se diseñan para romper las barreras entre las especies, de modo que puedan transportar genes a varias especies. Lo malo es que al poder infectar a distintos seres vivos, también pueden recoger genes de virus de otras especies y crear nuevos agentes patógenos.



reintroducido a una cepa de la bacteria –en este caso de *Agrobacterium tumefaciens*- no poseedora del plásmido original. Hecho esto, se deja que la bacteria se introduzca como lo hace normalmente para infectar a la planta pero ahora introducirá los genes modificados a través de una pequeña herida en la planta infligida por nosotros. Para provocar una infección a toda la planta con los nuevos genes y no sólo a secciones de la misma, se le pone una dosis de penicilina para matar a la *Agrobacterium tumefaciens*, toda vez que ya cumplió con su cometido, y se adiciona una dosis del herbicida para el cual el gen fue programado para dar resistencia. De este modo, sólo sobreviven las células vegetales que recibieron los nuevos genes; pues esos tenían una resistencia programada. Estas células sobrevivientes son introducidas a un medio de cultivo propicio para formar brotes de varias plántulas que desarrollarán raíz y todos sus órganos, para que al estar completas, se saquen de este medio artificial y sean llevadas a invernaderos. Las plantas que llegan a la madurez y que pueden reproducirse exitosamente, son escogidas para ser la primera generación de plantas con el nuevo gen en su genoma.

La introducción de los nuevos genes se hace por lo regular con este microorganismo, pero también puede llevarse a cabo sólo con las secuencias de *Agrobacterium* que le ayuden al propósito de integrarse al cromosoma. En este caso el plásmido en lugar de ser regresado a la bacteria, se mezcla con partículas de oro y tungsteno y con el disparo de un dispositivo llamado “gene gun” que hace que el ADN viaje en proyectiles microscópicos que han sido disparados hacia los pedacitos de hoja o tallo haciéndoles atravesar la pared celular. Esta última integra en sus cromosomas la información y las nuevas plantas nacen con la modificación genética. Esta última técnica para introducir genes se llama

biobalística. Por último, un fenómeno que facilita enormemente la ingeniería genética en plantas es que muchas de éstas pueden regenerarse completamente a partir de un esqueje de la misma.<sup>25</sup>

Como podemos notar, un transgénico se logra tomando prestados genes de distintos seres vivos para insertarlos en otro. Para ello, primero se aísla el gen (o los genes) que interesan, luego se multiplican para experimentar con ellos; se le hace las modificaciones necesarias y por último se invade al ser vivo con estos nuevos genes con la ayuda de plásmidos, virus o retrovirus.

#### ***b) El debate sobre los alimentos y cultivos transgénicos***

Con la llegada de los alimentos transgénicos, se han suscitado en muy corto tiempo, grandes inversiones económicas, impulso a la investigación en biología molecular, y ajustes en los compromisos comerciales nacionales e internacionales; pero también repercusiones ambientales y nuevas preocupaciones sociales. En el tema de los alimentos y cultivos transgénicos, hay que ver si realmente es la sociedad quien va a salir beneficiada o si va a ser quien padezca las consecuencias de las acciones de las transnacionales.

Muchas personas afirman que la biotecnología está cambiando cada día la agricultura mundial y que eso se está viendo con la adopción de las nuevas variedades transgénicas

---

<sup>25</sup> Ver: Soberón Mainero, Francisco Xavier. La Ingeniería Genética y la Nueva Biotecnología. FCE #145.pp. 94-97. Ver también: Álvarez Morales, Reynaldo Ariel “Cómo se Crean los Organismos Genéticamente Modificados (OGM)?” en: El Mercado de Valores Noviembre/Diciembre 2000. pp. 79-87.

por parte de los agricultores de los países desarrollados. Algunos ven este punto como algo positivo; otros como algo alarmante.

Para afirmar que esta tecnología es realmente buena, se subraya el hecho de que países como los Estados Unidos ya se estén beneficiando de ella y que inclusive aumenten sus superficies de cultivo transgénico. No obstante, aunque las hectáreas sembradas han aumentado, el porcentaje de dicho aumento se ha visto reducido en los últimos años, debido a disminuciones en la demanda de granos modificados genéticamente.

Muchos defensores de los transgénicos son personas que han tenido o tienen que ver con la creación de estas nuevas tecnologías.<sup>26</sup> Ellos hablan del aumento en la calidad y reducción de los costos en las explotaciones pecuarias; de soluciones a problemas de contaminación; de reducciones importantes en los costos de producción de cultivos esenciales para el ser humano; del desarrollo de variedades que mejorarán las expectativas de rendimiento económico para los agricultores.<sup>27</sup> Pero también, en cada ocasión que se habla de transgénicos, jamás se puede negar la posibilidad de riesgos eventuales para el ambiente y la salud; además de algunos otros sociales. Quienes están a favor de estas nuevas tecnologías, dicen que no se deben condenar a estos organismos por adelantado y que los beneficios tienen mayor peso que los riesgos; que la gente a final de cuentas, entenderá y aceptará más esta tecnología; logrando tomar decisiones más

---

<sup>26</sup> En este grupo se encuentran biólogos moleculares, científicos que trabajan para las industrias biotecnológicas, investigadores que poseen patentes en este ámbito, las compañías generadoras de biotecnología y su agrupación en la Organización de la Industria Biotecnológica (BIO). Veremos como ejemplos, las opiniones de personalidades como Rafael Herrera Estrella y de Francisco Bolívar Zapata.

<sup>27</sup> Ver: José Luis Solleiro: Perspectivas Económicas de la Biotecnología en el Contexto Internacional pg 17

fundamentadas, como ocurrió en con el caso de las primeras vacunas.<sup>28</sup> En contraste, los ambientalistas y muchos agricultores del tercer mundo opinan que los desastres pueden ser mucho peores que los supuestos beneficios y que realmente no son esenciales para resolver los problemas de alimentación en el mundo, pues existen medios que también proporcionan mayores rendimientos, que son ecológicamente sustentables y que no implican consecuencias adversas ni injusticias para los países menos adelantados. En este pequeño apartado, discutiremos con mayor detalle los riesgos y beneficios que se encuentran en constante polémica y evaluación.

*Sobre sus ventajas económicas. ¿Son realmente más baratas para los agricultores estas tecnologías? ¿Ventajas económicas a costa de oligopolio alimentario o de pérdida de soberanía alimentaria?*

Una ventaja que encuentra el ingeniero bioquímico Rafael Herrera Estrella<sup>29</sup> es que esta tecnología a diferencia de muchas otras que sólo pueden emplearla los grandes productores, la pueden ocupar los pequeños agricultores, ya que como es a nivel de semilla, es accesible. De este modo, los más beneficiados son estas personas, pues por lo

---

<sup>28</sup> Al principio, la introducción de las vacunas creó demasiadas protestas pues se reía que eran muy peligrosas y contra razón infundir virus de vacas enfermas a las personas para protegerlas de una enfermedad. Cuando se notó que las vacunas realmente aportaban beneficios, la actitud de la gente hacia ellas cambió.

<sup>29</sup> Rafael Herrera Estrella participó en la década de los 80 en el grupo de investigadores de Gante que lograron crear las primeras planta transgénicas. Recibió en diciembre de 2002 el Premio Nacional de Ciencias y Artes en el área de ciencias fisicomatemáticas y naturales. Fundó el departamento de ingeniería Genética de la Unidad Irapuato del CINESTAV (Centro de Investigaciones Avanzadas). Tiene 3 patentes internacionales y 2 más en trámite relacionadas con transgénicos. (Ver: José Luis Cano “Luis Rafael Herrera Estrella Premio Nacional de Ciencias y Artes. Por una Agricultura más Amigable con el Ambiente” El Financiero, miércoles 18 de diciembre de 2002. Secc. Cultural, p. 57.)

general no tienen capacidad económica para adquirir los productos químicos. Otra observación que se hace, es que los agricultores podrán tener mayores ganancias, pues éstas dependen de factores tales como el nivel de infestación de plagas y enfermedades y la densidad de malezas que pueden ser erradicados desde dentro de la planta. Se hace alusión a que gracias a estas nuevas tecnologías se usan menos insecticidas químicos que reducen los costos de producción y que esto tiene un gran impacto positivo en las economías de los pequeños agricultores.<sup>30</sup> En contraste con la propaganda anterior, muchos no están convencidos de que sean tecnologías más baratas ni que aporten mayores rendimientos; existe el temor de muchos campesinos de perder su soberanía alimentaria, obligándose a depender cada vez más de las semillas y de los químicos de las transnacionales.<sup>31</sup> La gente –especialmente de los países en vías de desarrollo- se encuentra consternada ante la posibilidad de que su alimentación quede totalmente a manos de las empresas transnacionales y que se forme verdaderamente un oligopolio alimentario. Temen que en un futuro toda semilla, deba provenir de esas pocas empresas.

Algunos ingenieros agrónomos, campesinos, genotecnistas, ambientalistas, etc. observan que algunas de estas variedades transgénicas no son necesarias o bien, el efecto de adopción de las variedades transgénicas es insignificante. La argumentación de que estas plantas otorgan mayores rendimientos palidece ante lo siguiente: Cuando se trata a las variedades genéticamente modificadas para que produzcan la proteína Bt –la cual es tóxica para muchos insectos, lo que la convierte en un “bioinsecticida”- con el paso del

---

<sup>30</sup> Ver: Herrera Estrella. Op cit. Nota Supra.

<sup>31</sup> Ejemplos de esto que iremos viendo más adelante, son: las semillas terminator, precios monopólicos, aumento de uso de herbicidas que incrementen costos, pérdidas de cosecha por la designación de zonas protegidas, etc.

tiempo se puede suscitar resistencia genética de los insectos, por lo que las variedades Bt pueden perder su efectividad. Para mantener controlada esta situación, se hace necesario que una proporción relativamente pequeña de cultivo sea sembrada con una variedad susceptible, para que prospere la plaga de interés y evitar problemas mayores como serían individuos superresistentes, debido a la selección forzada ejercida por la variedad Bt. Este proceso implica costos adicionales y pérdidas en la producción; o sea, la posibilidad de que inclusive haya menos ganancias para los agricultores. Puede haber rendimientos mayores con variedades transgénicas, pero éstos no son generales y no siempre se obtendrán ganancias mayores, debido a los costos que implica tener esta tecnología, además del de las semillas, las cuales también cuestan por lo general, más que aquellas obtenidas tradicionalmente.<sup>32</sup>

Ante la crítica de que los transgénicos están en manos de unas cuantas empresas, se argumenta que, aunque es verdad que la mayor parte esté controlada por grandes empresas, fueron generadas en su mayoría en universidades e instituciones de investigación pública. Que no porque las empresas hayan adquirido los derechos para utilizarla, no significa que no pueda ser utilizada por los pequeños productores.<sup>33</sup> Ese argumento no atenúa los hechos; además, lo que está ocurriendo más bien, es que dichos centros de investigación pública, de universidades y de las pequeñas empresas independientes, son ya brazos o extensiones de las grandes empresas privadas,

---

<sup>32</sup> Ver: Márquez Sánchez, Fidel. "Opiniones de un Agrónomo sobre la Polémica de las Variedades Transgénicas". Ensayos y Comentarios. Volumen 51, número 4, diciembre de 2000. pp 21-29. Ver también: "GENE altered crops costly, but farmers deem them valuable" January 7, 2002 Chicago Tribune Jon van <http://www.chicagotribune.com/business/printedition>

<sup>33</sup> Ver:Herrera Estrella. Op. Cit Nota 32.

dominando el mercado un número muy pequeño de éstas;<sup>34</sup> debido a la falta de competencia, se generan precios monopólicos, cuestión que en verdad afecta precisamente la capacidad adquisitiva de esos pequeños productores.

Los defensores de los transgénicos argumentan que los productos orgánicos –esto es, los no transgénicos- cuestan entre un 50 y un 200 por ciento más caros y que en los países en desarrollo, donde no existe la misma capacidad económica para elegir que en los países de primer mundo, se debe optar por estas tecnologías que nos permiten producir más y mejores alimentos a un precio accesible.<sup>35</sup>

Actualmente la diferencia de precios entre orgánicos y transgénicos no es una realidad en muchísimos países porque los consumidores ni siquiera están enterados de lo que se comen. Sólo cuando se obliga al etiquetado, entonces los precios son diferentes. Se teme al hecho de que se trate de un “precio de introducción”; una vez desplazados los mercados, los precios de los alimentos van a aumentar, pues no existirá competencia perfecta en la venta de semillas, al tratarse de oligopolios de las transnacionales. Por otra parte, los precios de estos productos son bajos porque la sociedad no confía mucho en ellos y esa es una de las medidas que se toman para atraer a los consumidores que no

---

<sup>34</sup> Las empresas que dominan la biotecnología son pocas, debido principalmente a su capacidad económica para desarrollar nuevos productos, pues cada uno de éstos necesita inversiones que llegan a los 250 millones de dólares; otro factor, es que poseen experiencia en manufacturas complejas y dominio de canales de comercialización. (Ver: José Luis Solleiro. “Perspectivas Económicas de la Biotecnología en el Contexto Interaccional. El Mercado de Valores, noviembre/diciembre 2000 pg. 19) Actualmente, las transnacionales que dominan la biotecnología y su mercado son : Syngenta (resultado de la fusión Astra-Zéneca con Novartis), Pharmacia and Upjohn fusionada con Monsanto; Aventis, Bayer (Bayer compró la división agraria de Aventis, dando origen a Bayer CropScience): DuPont, Dow, BASF y Delta and Pine. Fuente: World Crop Protection News del 5 de enero, 2 de marzo y 13 de abril de 2001. Pesticide Action Networks Update Service. Citado por Jorge Riechmann en Qué son los Alimentos Transgénicos.

<sup>35</sup> Ver: Herrera Estrella. Op cit. Nota 32.

tienen mucha capacidad económica para elegir. Además, los productos orgánicos resultan muy costosos en países industrializados por que éstos requieren mayor número de trabajadores y la mano de obra es mucho más cara en esos lugares.

### *¿Son tecnologías Seguras?*

Los partidarios de los transgénicos –entre ellos la Biotechnology Industry Organization (BIO) opinan que las plantas que utilizan la técnica del ADNr, al ser las plantas que más cuidadosamente han sido analizadas en la historia de la agricultura, se puede inferir que son una tecnología segura, pues se analiza si tienen efectos alérgicos, si son tóxicos para el consumo humano o animal, etc. Inclusive considera que esta tecnología es tan segura o más que las variedades tradicionales y que quienes aseguran que estas tecnologías no son seguras para la salud, carecen de fundamentos científicos y de pruebas.<sup>36</sup>

Al respecto, quienes objetan los transgénicos, aseveran que las empresas biotecnológicas deben hacer todavía más extensivas sus investigaciones; sobre todo en relación a posibles reacciones alérgicas, la resistencia a antibióticos y no hacer omisiones intencionales; y además, llevar a cabo estudios sobre efectos a largo plazo. En el caso de las alergias las nuevas proteínas introducidas podrían ser alergénicas para algunas personas y que éstas no estén advertidas por alguna leyenda en el producto. En cuanto a la resistencia a antibióticos, debido a que esta característica es propinada a la planta al momento de insertar el gen marcador, pudiera ser que dichos genes se transfiriesen a las bacterias

---

<sup>36</sup> Ver: Herrera Estrella. Op cit. Nota 32. Ver también: <http://tierramerica.org/2003/0209/dialogos.shtml> “Me Comería Todos los Transgénicos: Francisco Bolívar Zapata” por Pilar Franco) Ver además: [www.bio.org](http://www.bio.org)



intestinales de humanos y animales a través de la alimentación; aquellos microorganismos pudieran integrar estos genes en su material genético haciéndose resistentes al antibiótico del que se trate. Esto ya ha sido alertado por asociaciones médicas y otras instituciones internacionales.<sup>37</sup> También se ha reportado que desde la introducción de la soya transgénica, ha aumentado el número de personas alérgicas a la misma (en un 50% entre 1999 y 2000, tras la introducción de la misma); han habido casos en que maíz diseñado par alimentar animales (por ejemplo el maíz Starlink) ha llegado al consumo de los seres humanos, provocando también intoxicaciones; transgénicos hechos con genes de nueces que han provocado alergias en personas que son alérgicas a las mismas y que no sabían lo que estaban comiendo, entre otros.<sup>38</sup>

*Hambre y modificaciones frívolas. ¿Realmente se combate por satisfacer las necesidades de la población?*

Un punto positivo que apoya al desarrollo de los alimentos transgénicos, es el que sean una posible respuesta para el problema del hambre y la desnutrición que padecen más de 800 millones de personas en el mundo; también son por lo general bien vistas, aquellas investigaciones enfocadas a producir alimentos con mayor contenido de vitaminas, de aminoácidos y en general para obtener productos más nutritivos. Un ejemplo de esto es el “arroz dorado”. En Asia hay unas 300 millones de personas que padecen ceguera por

---

<sup>37</sup>Entre ellos: La Asociación Médica Británica, el Consejo Médico de Berlín, el Director de la Unidad de Agentes Bacterianos del Instituto Pasteur y responsable del Centro Nacional sobre Mecanismos de Resistencia los antibióticos de Francia; instituciones los gobiernos de Suiza, Alemania, Francia, Grecia, Austria, Noruega, India. Fuente: Liza Covantes “Orgaismos Transgénicos: sus Implicaciones Ambientales y su Presencia en México”. En: El Mercado de Valores: Noviembre/Diciembre 2000.

<sup>38</sup> Ver: Riechmann, Jorge.

carencia de vitamina A, debido a que consumen básicamente arroz y no tienen acceso a verduras que contengan la vitamina. Se han hecho plantas transgénicas de arroz que contienen vitamina A que puede ayudar a solucionar el problema de la ceguera.<sup>39</sup> Otro ejemplo lo es el maíz enriquecido con vitaminas pero éste no ha sido obtenido por el proceso de ingeniería genética, sino mediante selecciones que han tomado años en irse perfeccionando.

Las aplicaciones anteriores pueden ser la manera de afrontar el reto de proporcionar alimentos nutritivos a las poblaciones menos favorecidas. Sin embargo, si bien es cierto que existen muchos experimentos con diferentes genes y plantas, la actividad cada vez se está viendo más limitada a unas cuantas especies y genes; esto es señalado y aceptado tanto por los grupos que están en contra como por los que están a favor de los OGM.<sup>40</sup> Los principales desarrollos para la agricultura que poseen la gran mayoría de las invenciones transgénicas se pueden resumir en: resistencia a insectos (22% de las semillas vendidas), resistencia a virus, resistencia a herbicidas (73%), maduración retardada y tolerancia al aluminio.<sup>41</sup> Estas características se apuntan entre las más atractivas y comunes de estos organismos. Los primeros dos permiten menor uso de insecticidas. El tercero implica que la planta sufra menos daños al ponerle una cantidad determinada del producto; o bien que pueda aplicársele mayor cantidad de herbicida sin provocar que la planta se eche a perder. La maduración retardada permite que la fruta o verdura tarde más

---

<sup>39</sup> Op Cit Nota 32; Ver también: Jorge Riechmann: Cultivos y Alimentos Transgénicos.

<sup>40</sup> Ver: Arroyo Marroquín, Románico. "Organismos Genéticamente Modificados: Realidades y Perspectivas". En: El Mercado de Valores noviembre/diciembre 2000 pg 5.

<sup>41</sup> Fuente de los porcentajes: Jorge Riechmann. Qué son los Alimentos Transgénicos. RBA Integral, España, 2002. Pg 26

tiempo en tener signos visibles de pudrimiento y de este modo, pueda ser transportada por largos trayectos y estar en los supermercados por más tiempo.<sup>42</sup>

Aunque hay muchas otras especies que son apreciadas en otros países, éstas no están entre las prioridades de las grandes empresas biotecnológicas, pues éstas están basadas en los beneficios económicos que puedan obtener. Por eso, los cuatro cultivos que prácticamente suman la totalidad de los transgénicos son: soya, maíz, algodón y colza, pues son los de mayor consumo a nivel mundial. Estos hechos hacen pensar que abundan las modificaciones sean frívolas, al obedecer más a la búsqueda del dominio de los suministros alimentarios por parte de las trasnacionales que a las necesidades humanas; por lo que cada país, en especial los que se encuentran en vías de desarrollo, tendrán que desarrollar por su cuenta biotecnologías que abarquen los productos de su interés. Estas biotecnologías no tienen que ser forzosamente las de ADNr.

Ante lo anterior, hay quienes hacen la observación de que hay muchísimas otras fuentes de alimentación y que no limitar nuestra alimentación a los alimentos que se han hecho populares; sobre todo en el caso de la carne, pues debido al alto consumo carnívoro de los países desarrollados, se destina casi la mitad de la producción mundial de grano y más de la tercera parte de las capturas pesqueras a alimentar ganado, en un mundo donde la quinta parte de la población humana no tiene alimento suficiente. Que además, se ha

---

<sup>42</sup> Los tomates Flavr Savr (o McGregor), estaban genéticamente modificados para tener maduración retardada. Fueron introducidos en el mercado de alimentos en Estados Unidos en 1994, pero fueron un fracaso porque los consumidores no gustaron de su sabor. Pero resulta que aunque el vegetal mantiene por más tiempo un aspecto apetitoso, los demás procesos de envejecimiento continúan y las vitaminas y demás elementos nutritivos se descomponen, perdiéndose valor nutritivo. Son entonces estos alimentos realmente una ventaja para la sociedad? (Ver: Riechmann, Jorge. Qué son los Alimentos Transgénicos pp. 23)

comprobado que el problema del hambre no consiste en que no haya comida; sino que más bien, se trata de una cuestión de distribución y de capacidad económica para tener acceso a los alimentos. Tenemos por ejemplo, el caso de Brasil, el cual en 1995 exportó alimentos por valor de los 13mil millones de dólares, pero 70 millones de su gente padece hambre; india es también uno de los mayores exportadores de comida entre los países en desarrollo, pero 200 millones de su gente padece hambre; inclusive en Estados Unidos uno de cada diez hogares pasa hambre. Hoy se produce lo suficiente para alimentar a la población mundial; así que mejorar la productividad de los cultivos no es más que una parte de la solución a los problemas de alimentación en el mundo. Es más importante todavía, combatir la pobreza, para que estas personas puedan comprar comida. Para el día de mañana, con una reducción aproximada del 10% de la carne ingerida por los países del Norte, se liberarían recursos sobrados para alimentar a la población máxima prevista del siglo XXI: entre 9000 y 10 000 millones de personas.<sup>43</sup>

*¿Hay en estas tecnologías precisión y predicción? ¿Está siendo usada esta precisión de manera positiva en el área agrícola?*

Otros científicos –biólogos moleculares por lo general- aluden a la ventaja de la precisión de los OGM. Estos organismos, dicen ellos, son precisos porque contienen fragmentos de ADN que contienen únicamente el gen que interesa y no cualquier otro material que no se desee o que no esté caracterizado. Sostienen que el hecho de que se introduzcan genes totalmente caracterizados permite que se puedan predecir casi siempre

---

<sup>43</sup> Cifras de la FAO en 1999; Riechmann, Jorge: “Menos Carne, Mejor Carne, vida para el Campo” El Ecologista 17, Verano de 1999. Madrid, España.

los efectos que se pueden generar y tener así un alto grado de certidumbre que puede llegar a superar a la lograda por los métodos tradicionales. Esta precisión hace posible manipular de manera exacta las bases deseadas y no otras dentro de una cadena de miles de ellas en un lugar específico y con ello puede lograrse que un gen se exprese de manera intermitente o continua, escoger en qué tejidos deba expresarse o que sólo se exprese en presencia de una sustancia o condición.<sup>44</sup>

En contraste con lo anterior, se encuentra el argumento que critica precisamente, lo impredecible e imprecisa que puede ser la ingeniería genética. Esta carencia es debido a que se construyen construcciones genéticas –y por ende, organismos- que nunca antes habían existido, por lo que no puede saberse cómo se comportarán en el medio ambiente.

Respecto al argumento que evoca la precisión en cuanto a que se pueda lograr la expresión de un gene de manera continua, intermitente, en determinados tejidos o sólo bajo una determinada condición, podemos decir que esto puede llegar a ser terriblemente cierto y hasta cruel. Tanto, que se han logrado ya crear las conocidas “semillas Terminator”, cuyo nombre no le queda tan mal.

Tenemos dos categorías principales de estas semillas Terminator. La primera es la que consiste en modificar genéticamente la semillas para que estas sean de un solo uso; similar a lo que pasa con las variedades híbridas de maíz y muchas hortalizas, en donde el agricultor está obligado a comprar semillas cada año; por eso las semillas híbridas son

---

<sup>44</sup> Ver por ejemplo, la opinión del Dr. en Genética Moléculas Reynaldo Ariel Álvarez Morales en: “Cómo se Crean los Organismos Genéticamente Modificados (OGM)?” El Mercado de Valores. Nov/Dic 2000. pp 79-87.

buen negocio para las compañías de semillas. Debido a que muchos cultivos se resistían a la hibridación, se desarrolló esta primera versión de “tecnología terminador” y de este modo, algunos cultivos –por cierto básicos- como el trigo, el arroz o el sorgo son ya también de un solo uso. La patente la obtuvieron la compañía de semillas estadounidense Delta and Pine Land Company y el Ministerio de Agricultura estadounidense (USDA) en marzo de 1998. La segunda versión de estas semillas, son vinculan el crecimiento y la germinación de la planta a la aplicación de sustancias químicas específicas, que dependen físicamente de la aplicación de un cóctel químico. La empresa Astra-Zeneca patentó las tecnologías de estos productos, mismos de los que hoy es dueña Syngenta<sup>45</sup>. Syngenta (a través de Novartis) y DuPont, han patentado además, procedimientos para obtener plantas donde se desactivan los genes que normalmente permiten a la planta luchar contra enfermedades virales y bacterianas, en donde sólo la aplicación de un químico específico –misma que venderá la creadora de esta semilla- permite que estos genes vuelvan a funcionar.

No encuentro el punto positivo a esto; ni encuentro el “mejoramiento” a la semilla, más bien, un empeoramiento consciente. Afortunadamente, no soy la única. El Cuadro de Expertos Eminentes de la FAO sobre Ética en la Alimentación y la Agricultura en su informe de septiembre de 2000 declararon que las semillas Terminator son no éticas y que es inaceptable comercializar semillas cuyo fruto no pueda ser utilizado de nuevo por los campesinos, porque las semillas no germinan.

---

<sup>45</sup> Syngenta es el resultado de la fusión en 1999 de las empresas Astra-Zeneca con Novartis en sus divisiones de semillas y agroquímicos, convirtiéndose en la empresa más fuerte del “agribusiness” del mundo. (Ver: Riechmann. Qué son los Alimentos Transgénicos P. 60).

## *Posibilidades de los científicos vs. Sabiduría de la naturaleza*

Ante el argumento de que no es ético que se manipule genéticamente a las plantas se plantea que el ser humano lo ha hecho desde hace más de diez mil años. Por ello, el maíz, el tomate, el chile o el frijol no existían tal y como lo conocemos actualmente en la naturaleza, pues el hombre fue haciendo selecciones empíricas y que lo que cambia es que ahora se hacen las selecciones genéticas con bases científicas. Ante este argumento, cabe resaltar que el hombre ha cruzado una barrera muy importante que es el que pueda mezclar características provenientes de distintos reinos (por ejemplo insertar un gen de rata en una lechuga) cosa que nunca antes había hecho.

Por lo general, los ambientalistas –a nivel mundial: Ecologistas en Acción, Greenpeace, Amigos de la Tierra, Adena WWF, entre otros- opinan que es preocupante que los científicos busquen reconstruir las formas de vida a su criterio mediante ingeniería genética, puesto que la herencia es fruto de múltiples intentos, errores y una selección que ha demostrado funcionar y para ello no en vano han pasado ya 3000 millones de años de evolución.<sup>46</sup> Aargumentan que las capacidades de manipulación harán que destruyamos y alteremos los ecosistemas de manera irreversible. Los cambios que antes tomaban siglos o inclusive milenios, hoy tal vez requieran menos de una década y eso puede ser muy peligroso para los ecosistemas de un planeta ya de por sí muy lastimado y con problemas del llamado “efecto invernadero”.

---

<sup>46</sup> Ver :Pelt, Jean Marie et al. La historia más bella de las plantas. Citado por Richmann. Qué Son los Alimentos Transgénicos

En contraste, los partidarios de los OGM dicen que la rapidez con la que se puede manipular la naturaleza, no es sencillo asimilar, pero que no debe ser visto como algo malo. Aseguran que el acortamiento de los tiempos para hacer nuevas variedades es muy positivo; por ejemplo, las técnicas tradicionales requieren para la liberación comercial de una nueva variedad de ciclo anual, entre 12 y 15 años, mientras que con las actuales, el tiempo se reduce significativamente y puede tomar tan sólo de 3 a 5 años<sup>47</sup>. Lo anterior se debe a que la ingeniería genética nos da la ocasión de usar genes de cualquier ser vivo para insertarse a otro que pudiera pertenecer a otro reino, lo que es imposible con los métodos tradicionales, por otra parte, hay genes marcadores que ayudan a saber de la presencia de una característica que se esté buscando en los seres vivos. Con las técnicas tradicionales, dicen quienes abogan a favor de los transgénicos, se puede buscar el vegetal con las características más parecidas que confiera el gen perteneciente a otro reino, pero sería un procedimiento mucho más largo y complejo.

*Impacto en el medio ambiente. ¿Son estas tecnologías amigables con el medio ambiente? La búsqueda de la protección a la Biodiversidad y la búsqueda de incrementar las ventas.*

Estos mismos precursores de los transgénicos aseguran que éstos hacen la agricultura más amigable al ambiente porque se reduce el uso de insecticidas químicos, ya que con ellos, los insectos ataquen o no a las plantas, mueren de manera indiscriminada, dañando el ambiente. También se pueden obtener variedades que optimicen el uso de fertilizantes, reduciendo su aplicación, lo que contribuye igualmente a una agricultura sostenible.

---

<sup>47</sup> Ver: Arroyo Marroquín, Románico. Op. Cit. Nota 43.



Pero si realmente existiera el objetivo de lograr una agricultura sostenible por parte de las trasnacionales, ¿hubieran entonces desarrollado semillas de un sólo uso y semillas dependientes de químicos? ¿Introducirían genes marcadores que aportan resistencia a la planta, precisamente al herbicida que ellos venden? Esto es: ¿por qué será que Monsanto, que ha desarrollado el herbicida Roundup, introduce en sus semillas transgénicas resistencia a este herbicida? Podrían haber muchas soluciones. Quizás la más lógica sea porque de este modo obligan a que el agricultor compre todo el paquete junto; que no busque las semillas por un lado y el herbicida por el otro, sino que tenga que hacer los dos gastos a la misma empresa.

Un gran defensor mexicano de los OGM es el Dr. Francisco Bolívar Zapata<sup>48</sup>, asegura que no existen evidencias de que semillas transgénicas usadas en el campo puedan dañar al medio ambiente o la salud humana tanto como lo han hecho los agroquímicos no degradables. Sin embargo, él mismo admite que no hay tecnología con riesgo cero; que el organismo modificado tiene un nuevo gen que lo convierte en otro organismo vivo cuyo comportamiento es imposible predecir. También reconoce que hay una guerra comercial por el dominio del mercado y el control de las fuentes alimentarias. Esto último no suena

---

<sup>48</sup> Francisco Bolívar Zapata es un científico mexicano que participara en los años 70 en el equipo que creara uno de los primeros transgénicos en el mercado: la insulina humana y quien construyera a mediados de los años 70 durante su postdoctorado en San Francisco, uno de los primeros vehículos de clonación: el plásmido pBR322, el cual se usa frecuentemente como base para la mayoría de los medios modernos de duplicación. Francisco Bolívar recibió en 1992 el premio Príncipe de Asturias en el área científica que otorga el gobierno español. Actualmente coordina el área de biotecnología en la Academia Mexicana de Ciencias. (Ver: Soberón Mainero, Francisco Xavier. La ingeniería Genética y la Nueva Biotecnología FCE. Colección La Ciencia desde México 145. pg 37) (Ver también: <http://tierramerica.org/2003/0209/dialogos.shtml> “Me Comería Todos los Transgénicos: Francisco Bolívar Zapata” por Pilar Franco)

alentador para países en desarrollo que temen perder ante las multinacionales, su soberanía alimentaria.

A pesar de lo anterior, afirma que “metería la cabeza al fuego” para asegurar que no pasará nada, pues los transgénicos son sometido a muchísimas pruebas. Que además, la mejor defensa de la biodiversidad son los transgénicos, pues se trata de una tecnología basada en lo natural, en contraste con lo que sucede en el caso de los agroquímicos. Por eso, es preferible usar tecnología “regalada por la propia naturaleza” y que sólo es trasladada de un sistema biológico a otro. Los insecticidas biológicos de las plantas genéticamente modificadas hacen innecesario el uso de pesticidas tóxicos y los programas de conservación de suelos.<sup>49</sup> Otros críticos creen que pudieran ponerse en peligro las poblaciones microbianas del suelo con el uso de estos bioinsecticidas; las larvas de la mariposa monarca, que se nutren de la lechetrezna que crece junto a los campos de maíz estadounidenses y canadienses que se han alimentado con hojas de lechetrezna impregnadas de polen de maíz Bt<sup>50</sup> mueren en menos de 48 horas, según

---

<sup>49</sup> Ver: <http://tierramerica.org/2003/0209/dialogos.shtml> “Me Comería Todos los Transgénicos: Francisco Bolívar Zapata” por Pilar Franco)

<sup>50</sup> El maíz conocido como Bt se llama así por contener el gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Este maíz produce una nueva proteína que es tóxica para el gusano barrenador, el cual es eliminado cuando come algún tejido de la planta. Después de varios años de consumo en los Estados Unidos, no se ha detectado ningún problema de salud asociado a la proteína Bt. El maíz Bt es el principal producto de la biotecnología vegetal moderna. En el caso de México, los genes de las plantas modificadas se han transferido a los maíces criollos que se siembran en Oaxaca, Puebla y Chiapas. Debido a que México es centro de origen del maíz (es decir, en donde se han encontrado sus ancestros y en donde existe mayor diversidad de plantas de maíz), se debe tener mayor responsabilidad para proteger esta diversidad. Es por eso que actualmente existe una moratoria en México para la siembra de plantas transgénicas de cualquier tipo mientras no se establezca un marco regulatorio que evalúe los riesgos para el medio ambiente. (Agustín López Murguía “Sobre Cerdos y Maíz Transgénico”. En: *Cómo Ves?* Año 5, No. 50. enero 2003. Revista de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México.)

estudios de la Universidad de Cornell y confirmado esto por entomólogos de la Universidad Estatal de Iowa.<sup>51</sup>

También con respecto al mejoramiento del medio ambiente mediante el cultivo de plantas genéticamente modificadas, se dice que éstos ayudan a disminuir la deforestación, pues al tener rendimientos mayores, por ser las cosechas más limpias, se hace innecesaria la tala indiscriminada de árboles para destinar mayores áreas para la agricultura.<sup>52</sup>

Lo importante de la tecnología genética, es el proceso. En el caso de los alimentos transgénicos, además de las propiedades del producto, nos debemos interesar por las propiedades y la calidad del proceso; esto último, es lo que más debe importar. Esto es, deben importar también los efectos de la producción sobre el entorno natural y sobre las generaciones futuras, velar porque el contexto total de la producción no implique afectación de intereses de terceros. Al comprar un producto, debemos hacernos conscientes de algunas implicaciones que no siempre se ven, cuestiones como el que la producción o cultivo de un producto determinado implique violación de derechos humanos o desastres ecológicos, por ejemplo.<sup>53</sup>

Un riesgo ecológico asociado a los transgénicos tiene que ver con la posibilidad de que los transgenes acaben dentro de los organismos equivocados o en ecosistemas no adecuados. En los años cincuenta, la genetista de plantas Barbara McClintock descubrió

---

<sup>51</sup> Caso citado por Jorge Riechmann. Qué son los Alimentos Transgénicos. Pg 39.

<sup>52</sup> Álvarez Morales, Reynaldo Ariel. “Cómo se crean los Organismos Genéticamente Modificados OGM?” en El Mercado de Valores Nov/Dic 2000 pp 79-87.

<sup>53</sup>Ver: Riechmann, Jorge. Qué Son los Alimentos Transgénicos. Pgs 9-13

que las variaciones en el maíz podrían deberse al movimiento o salto de genes de un lugar a otro del genoma; también se descubrió que estos elementos móviles provocan gran número de mutaciones en variedades como el maíz, lo que da lugar a que existan muchas variedades del mismo<sup>54</sup>. El descubrimiento de genes móviles (a los que se les ha llamado comúnmente “saltarines”) hace temer que si se cruzara una variedad que contuviera una gran actividad de estos elementos móviles con otras variedades transgénicas, se produzcan mutaciones en el OGM no predecibles y riesgosas. Otro punto importante que se debate, es el que afirma que es posible que pasen años antes de que se detecte y se comprendan los efectos dañinos causados a los ecosistemas.<sup>55</sup>

Se ha prestado poca atención a la opinión de los genotecnistas, quienes han sido los productores de variedades vegetales en México, aunque con los métodos tradicionales. Uno de ellos es el Dr. Fidel Márquez Sánchez<sup>56</sup>, quien expone algunas preocupaciones en relación a los transgénicos muy interesantes. Una de ellas es el que actualmente es sabido y respaldado por investigaciones y teorías científicas, que una enzima o un gene no funcionan de manera aislada; esto quiere decir que el producto de una enzima es procesado por una u otras enzimas más. Existe una red de interacciones entre los genes con la red la metabólica, la cual a su vez interacciona con el organismo y con el ambiente externo. Puede ser entonces, que a pesar de que se espere que el nuevo producto del gene incorporado (proteínas, enzimas) tenga un solo efecto, pudiera suceder que éste tuviera

---

<sup>54</sup> Soberón Mainero, Francisco Xavier pp 96-97. Op. Cit. Nota 16.

<sup>55</sup> Riechmann, Pg 36

<sup>56</sup> Ver: Márquez Sánchez, Fidel. “Opiniones de un Agrónomo sobre la Polémica de las Variedades Transgénicas”. Ensayos y Comentarios. Volumen 51, número 4, diciembre de 2000. pp 21-29

otros más imprevistos, con consecuencias también inesperadas para los consumidores; por ejemplo, toxinas o alérgenos para los seres humanos.

Los riesgos que han sido señalados repetidamente sobre la liberación al medio ambiente de los OGM son las vinculadas con el desarrollo de resistencia a herbicidas, antibióticos e insecticidas por parte de malezas, virus e insectos respectivamente. Debido a la posible transferencia de genes de los OGM hacia especies silvestres por mecanismos naturales tales como la polinización, es posible el surgimiento de nuevas malezas o de “súper malezas” que hayan desarrollado ellas también, resistencia a herbicidas por cruzamiento de genes y que por lo tanto, aumenten su capacidad invasora. Esto puede provocar que en determinado momento, se incremente el uso de dichos químicos en lugar de que éste se vea precisamente reducido o bien, que dichos agroquímicos pierdan su efectividad. Esto acarrearía que no hubiera tal aumento en los rendimientos ni en la producción que se espera por la incorporación de genes resistentes a herbicidas a las plantas. Por cierto: en el caso de que se aumenten los herbicidas, algo un poco alarmante es que algunos de ellos (por ejemplo el conocido como ticlorofenoxiacético) son precursores de las dioxinas. Las dioxinas son una familia de distintos compuestos químicos tóxicos y cancerígenos cuya concentración aumenta a medida que se asciende por la cadena alimenticia y que puede causar efectos en sistema inmunológico, endocrino y reproductivo en los seres humanos.<sup>57</sup>

---

<sup>57</sup> Ver: Riechmann, Jorge. Cultivos y Alimentos Transgénicos. Una guía crítica. Ediciones de la Catarata, Madrid, 1999.

Es también factible, señalan los ambientalistas, que se presente un incremento en la resistencia de los insectos a los bioinsecticidas como la proteína Bt; o bien, que mueran insectos benéficos por envenenamiento indirecto, como es el caso de la Mariposa Monarca. También puede ocurrir que incremente la capacidad natural de recombinación entre las poblaciones naturales de los virus y los transgenes.

Entre las alteraciones significativas al medio ambiente, los opositores a la liberación de las OGM al medio ambiente, señalan la posible disminución de la capacidad de supervivencia de las plantas no modificadas genéticamente, pues quedan en desventaja en relación a las que poseen un transgén tóxico, por lo que sufrirán mayores ataques de plagas. Los biólogos moleculares buscan lograr que las plantas se den en lugares difíciles y que sobrevivan a condiciones climáticas extremas como sequías o heladas así como a otras condiciones adversas; pero también puede suceder que aumente la capacidad de algunas plantas de colonizar nuevos hábitats y que con ello haya una alteración lamentable en las relaciones entre plantas y animales que afecten la cadena alimenticia y los ecosistemas en general. Se habla también de un posible detrimento en la vida de otros insectos, plantas, predadores, poblaciones microbianas del suelo, etc.

Los científicos y todos los habitantes del planeta tienen la responsabilidad de entregar el mundo a sus descendientes en las mismas condiciones biológicas en que lo recibieron de sus padres. Existe un debate sobre si el sistema de propiedad intelectual apoya o no esta idea. Es del interés de toda la humanidad salvaguardar toda la biodiversidad del planeta. Al mismo tiempo es importante explotar de una manera sostenible y para su propio

beneficio los recursos naturales, incluyendo los recursos genéticos del mundo<sup>58</sup>. Es por lo anterior, que el sistema de propiedad intelectual se debe encontrar comprometido con dicha causa. El constante avance tecnológico ofrece grandes y considerables ventajas a la humanidad, pero también peligros potenciales a nivel ecológico.

Para lograr este doble objetivo, la Convención para la Diversidad Biológica fue firmada el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro por los representantes de 150 países. Nadie cuestiona la necesidad de proporcionar medios efectivos e instrumentos para preservar la biodiversidad, pero no hay un acuerdo en los medios para hacerlo. En el siguiente capítulo, dispondremos de un apartado que tratará con más detalle esta Convención.

Está visto que los países desarrollados no son precisamente los que poseen mayor diversidad biológica; y que más bien, la fuente de biodiversidad se encuentra en los países en desarrollo; pero la capacidad científica, técnica y financiera para sacarle provecho se encuentra en los países industrializados. Es en los países ricos en germoplasma, donde se debe poner mayor precaución y se debe valorar que ésta es la materia prima de la biotecnología en alimentos. Así pues, las razones por las que se han liberado OGM en un Estado, no son necesariamente válidas en otro, especialmente si éste es lugar de origen de vegetales imprescindibles para la alimentación humana. México es el centro de origen de fuentes de alimentación importantes para el ser humano: del maíz, frijol, aguacate, tomate, calabaza, chile, cacahuete, amaranto, etc. De ahí que el gobierno tenga la doble responsabilidad tanto de mejorar los cultivos para satisfacer las necesidades de los consumidores, como el proteger la salud y la biodiversidad, pues

---

<sup>58</sup>Straus, 1997. Citado por Ernő Szarka

representa recursos genéticos de la agricultura futura. Parece ser que afortunadamente, nuestro gobierno ha considerado como política prioritaria estas dos últimas necesidades, pues por el momento existe una moratoria para la entrada y la liberación al medio ambiente de los OMG. De esto hablaremos con mayor detalle en el siguiente capítulo.

*¿Hacia dónde se está inclinando la balanza en este debate?*

Los transgénicos están sufriendo un rechazo muy fuerte por parte de los europeos, siendo el gobierno de Tony Blair –mas no los ingleses en general- y en cierta medida el gobierno español, los únicos que quedan apoyando a los alimentos y cultivos transgénicos. El rechazo ya se extiende en todo el mundo. Hasta en los países donde se sufren hambrunas terribles, no se quieren a los transgénicos. Países como India y Zambia han preferido congelar las donaciones de maíz y soya de Estados Unidos. China ha decidido dar un giro de 180 grados en su postura hacia los transgénicos y ha comenzado a exigir etiquetado y a suspender aprobaciones para la comercialización de los mismos. En Ecuador, los buena parte de la sociedad opina que los programas de Ayuda Alimentaria por parte de Estados Unidos han convertido a la población en laboratorios vivos de experimentación humana.<sup>59</sup> Ahora hay agricultores que, ante el rechazo de sus productos transgénicos en el mundo, piden que sus productos que no son genéticamente modificados sean etiquetados con la referencia de que no son OGM.<sup>60</sup>

---

<sup>59</sup> Fuentes: Fred Guterl “El Temor a los Alimentos”. Newsweek en Español. 29 de enero de 2003 pp. 40-45. Ver también: [www.accionecologica.org](http://www.accionecologica.org)

<sup>60</sup> Márquez Sánchez, Fidel. “Opiniones de un Agrónomo sobre la Polémica de las Variedades Transgénicas”. Ensayos y Comentarios. Volumen 51, número 4, diciembre de 2000. pp 21-29



### **1.3 Conclusiones y Comentarios Finales al Capítulo**

No cabe duda que a partir del uso cada vez más frecuente y proliferado en el mundo, de métodos biotecnológicos, hacen necesario que se deban estudiar muchísimos aspectos problemáticos. En el caso de los transgénicos, tan sólo algunas de las nuevas interrogantes podrían ser: ¿qué tan lejos deberán sembrarse entre sí una variedad transgénica de otra no modificada para evitar el libre cruzamiento? ¿Hasta qué punto podrían hacerse responsables a las transnacionales de la contaminación –por polinización por ejemplo- de OGM hacia variedades criollas? ¿Cómo se verán afectadas las responsabilidades legales entre vecinos agricultores? Son tantos puntos, que pueden justificarse serias dudas sobre si en verdad el cultivo de transgénicos, facilitará la vida.

Por último, los precursores de los OGM, aseguran que si México no adopta la tecnología de los transgénicos, acabará perdiendo competitividad y será más difícil con el TLCAN. También, que el impulso de esta tecnología en el sector alimentario favorece el desarrollo de industrias con procesos limpios.

Sin embargo, para obtener mayores rendimientos, no es forzoso recurrir a estas semillas modificadas. Un primer paso puede consistir en evitar los monocultivos para reducir los costos en agroquímicos, pues estos últimos además, han deteriorado el ambiente; disminuyen la fertilidad de la tierra y afectan la supervivencia de otros seres vivos que por su naturaleza, ayudan al equilibrio ecológico. Y es que ya es sabido que la biodiversidad es la mejor protección contra plagas y enfermedades. En China por

ejemplo, se logra controlar la peor enfermedad del arroz (el tizón o anublo) sin el uso de agrotóxicos simplemente, intercalando surcos de variedades de arroz de tallo largo con variedades de tallo corto; obteniéndose beneficios de rendimiento y económicos muy superiores al de la técnica de monocultivo. Se han logrado también resultados importantes en otros países con cultivos mixtos de cebada, de café, sauces, etc. Una segunda manera de lograr avances importantes, es simplemente introduciendo las llamadas “buenas prácticas” que consisten en una mayor higiene e los instrumentos que el agricultor emplee en la plantación; en la siembra del boniato en China también, esto ha representado incrementos en rendimientos entre un 30 y 40%, sin recurrir a abonos, plaguicidas ni mejoras genéticas.<sup>61</sup>

Otro método es la implantación de “controles biológicos”, los cuales son insectos benéficos que consumen a los nocivos que afectan los cultivos. Tenemos por ejemplo: la avispa *Trichogramma petiosum* controla el gusano elotero; la avispa *Trichogramma pintol* que combate el crecimiento de ese gusano y que se alimenta del llamado “dorso de diamante”, y el *Crysopa carnea* que contribuye a regular la propagación de los pulgones, de la araña roja y de las ninfas del mosquito blanco.<sup>62</sup> Esta es una biotecnología “sana” que no implica los mismos peligros que las variedades transgénicas.

La agricultura ecológica requiere además, de un mayor número de trabajadores de la tierra, cuestión que no es factible para los países industrializados, pero algo que pudiera

---

<sup>61</sup> Plant Breeding News 117 del 29 de septiembre de 2000; Plant Breeding News, 122, del 28 de febrero de 2001; Revista Nature, 406 del 17 de agosto de 2000; [www.cipotato.org/projects/sweetpotato.htm](http://www.cipotato.org/projects/sweetpotato.htm). Todos Citados por Riechmann en Qué Son Los Alimentos Transgénicos pp. 79-80.

<sup>62</sup> Arturo Ochoa “Insectos Benéficos, Solución a las Plagas de los Cultivos” Excelsior. Segunda parte sección A. Lunes 11 de Noviembre de 2002. Año LXXXVI-Tomo VI

representar una ventaja para los países en vías de desarrollo. México además, tiene la oportunidad de aprovechar en cierto modo el rechazo cada vez más extendido hacia los transgénicos y comenzar a producir alimentos orgánicos para el consumo interno y para la exportación. Éstos últimos a demás de resultar más baratos para países como el nuestro, cada día poseen mayor apreciación y valor agregado a nivel internacional. Poseemos los recursos biológicos y humanos para lograr esto.

