



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGÍA RURAL

**IMPLICACIONES ÉTICAS Y NORMATIVO JURÍDICAS DE LA
BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN MÉXICO**

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA

MARÍA ALMANZA SÁNCHEZ



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



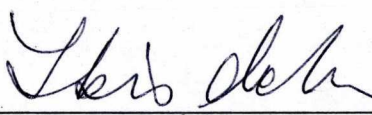
Chapingo, México, octubre de 1999.

907191

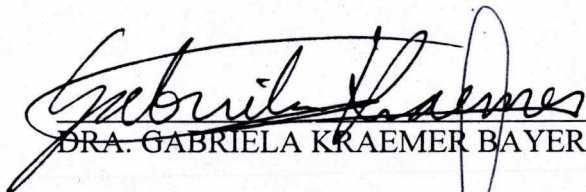
IMPLICACIONES ÉTICAS Y NORMATIVO JURÍDICAS DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN MÉXICO

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de María Almanza Sánchez, autora de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Sociología Rural, estuvo constituido por:

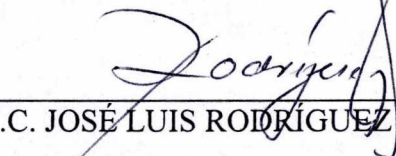
PRESIDENTE:


M.C. IBIS SEPÚLVEDA GONZÁLEZ

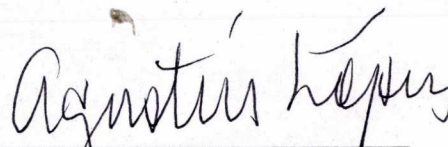
ASESOR:


DRA. GABRIELA KRAEMER BAYER

ASESOR:


M.C. JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ DE LA O

ASESOR:


DR. AGUSTÍN LÓPEZ HERRERA

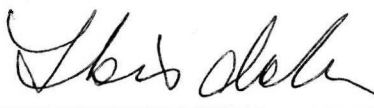
34748

IMPLICACIONES ÉTICAS Y NORMATIVO JURÍDICAS DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN MÉXICO

Tesis realizada por María Almanza Sánchez, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS EN SOCIOLOGÍA RURAL

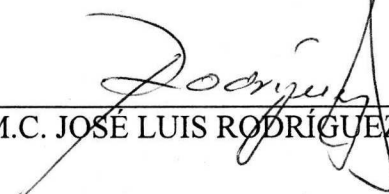
DIRECTOR :


M.C. IBIS SEPÚLVEDA GONZÁLEZ

ASESOR:


DRA. GABRIELA KRAEMER BAYER

ASESOR:


M.C. JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ DE LA O

ASESOR:


DR. AGUSTÍN LÓPEZ HERRERA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Programa de Maestría en Sociología Rural por permitirme que en ella realizara mis estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme una beca para realizar la maestría.

A la M.C. Ibis Sepúlveda González y a la Dra. Gabriela Kraemer Bayer por su valiosa orientación en la realización del presente trabajo, así como por su amistad a lo largo de todos estos años de colaboración en el Departamento de Sociología Rural.

Al M.C. José Luis Rodríguez de la O por sus observaciones al presente trabajo.

Al Dr. Agustín López Herrera, por todo el apoyo brindado.

A mis compañeros profesores del Departamento de Sociología Rural con quien he tenido interesantes discusiones en torno al tema y compartido múltiples experiencias académicas a lo largo de muchos años.

Para Jorge, Diana y Fernanda

DATOS BIOGRÁFICOS

Originaria de Morelia, Michoacán, realizó estudios de licenciatura en Biología en la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo de 1978 a 1982. Ha participado en cursos de especialización en Agricultura regional, Actualización en ciencia y tecnología, el Papel del progreso científico-técnico en el desarrollo agropecuario, Taller internacional sobre cooperativismo, Curso internacional sobre extensionismo y comunicación rural, Seminario internacional sobre economía Agroalimentaria, Curso de capacitación para evaluadores de la Alianza para el Campo.

Actualmente es profesora-investigadora del Departamento de Sociología Rural de la Universidad Autónoma Chapingo, en donde ha impartido cursos de: Metodología de la investigación, Campamentos de trabajo universitarios, Proyecto de investigación, Diseño y técnicas de investigación social, Transferencia de tecnología, Comunicación y publicidad rural.

Entre sus investigaciones y publicaciones se cuentan: Seguimiento profesional de los egresados (artículo publicado); Estudio etnobotánico en dos mercados del Valle de México; Desarrollo de un modelo de transferencia tecnológica para pequeños productores agrícolas (publicado por SAGAR). modificaciones a la Ley Nacional de Aguas y sus repercusiones en la agricultura; Discusión sobre la problemática de órganos de gobierno en la UACH; La incorporación de la agrónoma en la agricultura (Libro, 1997)

Tiene experiencia en la coordinación y organización de actividades de capacitación y actualización en áreas como la transferencia de tecnología, desarrollo rural, desarrollo sustentable, manejo de recursos naturales y formación de capacitadores para asistencia técnica integral

RESUMEN

IMPLICACIONES ÉTICAS Y NORMATIVO-JURÍDICAS DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN MÉXICO

Almanza, S.M., Sepúlveda G.I., Kraemer B.G., Rodríguez, J.J. y López H.A.

Octubre de 1999

Hace tres décadas los aportes de la ciencia biológica, la robótica y la electrónica se veían como *el futuro*, ahora es el presente. En el mundo y en México, se realizan investigaciones y pruebas con organismos vivos -plantas, animales, microorganismos e incluso humanos- modificando sus códigos genéticos mediante experimentación y modificando el comportamiento natural de éstos. En México se realizan pruebas de campo con OMG desde 1988 y sólo existe una normativa surgida en 1995 (NOM-FITO-95). No existe una ley con carácter restrictivo, tampoco hay estudios sobre la inmunidad a los efectos de los OMG en la salud, la agricultura, el ambiente. En nuestro país se han autorizado pruebas para alfalfa, arroz, calabacita, canola, chile, maíz, melón, papaya, papa, piña, plátano, soya, tabaco y trigo.

El objetivo central del trabajo fue dilucidar la efectividad de las normas, la responsabilidad ética del científico y delinear las posibilidades de riesgo; así que se hizo un muestreo no probabilístico entre las instituciones y principales científicos biotecnólogos del país. Se puede concluir que se requiere de investigación proyectiva, de una ley que regule a la biotecnología y sus productos, así como de sensibilizar a los científicos y la sociedad civil para la elaboración de las normas. Es tarea institucional desarrollar biotecnología acorde a las necesidades del país.

Palabras clave: biotecnología, organismos modificados genéticamente (OMG), sociedad civil, normatividad.

ABSTRACT

LEGAL AND ETHICAL IMPLICATIONS OF AGROBIOTECHNOLOGY IN MEXICO

Almanza, S.M., Sepúlveda G.I., Kraemer B.G., Rodríguez, J.L., López H.A.

October, 1999

Around the world, and also in Mexico, but in reduced dimension, a lot of studies and assays have been carried out on living beings -plants, animals, microorganisms, even on human beings- by modifying their genomes, through experimental works, to change substantially their codes. Particularly in Mexico, nevertheless there is just one norm promulgated in 1995 (NOM-FITO-1995), experiments and field trials have been performed with GMO since 1988. There is no any act which restricts the use of GMO, related to the possible consequences on human and animal health, agriculture and environment. Neither any work which answer for immunity when these GMO had been liberated. In our country tests have been authorized on alfalfa, rice, colza, canola, maize, calabacita, chili, melon, potato, papaya fruit, pineapple, banana, soybean, tobacco and wheat.

The means goals of this work were to elucidate the effectiveness of norms that regulate the scientific activity of advanced biology; to know about the ethical responsibility of the scientists in front of the contributions of biotechnology; and last, to outline the risks of their use. In this way, it was taken a non probabilistic sample among research institutions and outstanding researches in biotechnology around México. In according with results it can be inferred that: i) it is required realize prospective researches on the issue; ii) it is required a law which regulates biotechnology and its products; iii) it is a need count with sensitive participation of scientists and civil society in the making of the rules and laws; iv) it is an institutional duty to develop biotechnology in order to satisfy necessities of the country as a whole.

Key words: biotechnology, genetically modified organisms (GMO), civil society, regulation.

INDICE

Introducción	1
Capítulo I. Antecedentes sobre biotecnología y la biotecnología agrícola.....	7
Historia de la biotecnología.....	7
Concepto de biotecnología.....	10
Técnicas biotecnológicas	13
La biotecnología y sus aplicaciones en México	20
Capítulo II. Participación de las transnacionales de la agricultura en la producción e investigación biotecnológica agrícola en México.....	30
Presencia de las transnacionales en México	30
El mercado y las empresas	39
Capítulo III. Clasificación de los riesgos en la práctica de la biotecnología.....	44
Riesgos en la salud y el ambiente	44
Animales producto de la biotecnología.....	50
Biotecnología en células humanas	56
Riesgos en el ámbito socioeconómico	59
Capítulo IV. La importancia del seguimiento generalizado de normas de justicia y éticas.....	62
Concepto de ética	63
Cristianismo.....	66
Moral en Santo Tomás.....	66
Moral en San Agustín	67
Moral kantiana.....	68

Moral habermasiana	68
Derecho y moral	70
La situación actual de la sociedad	75
La naturaleza y las oportunidades de ésta ante las versiones etizantes en la historia.	79
Derecho y moral en las teorías procedimentales del derecho	83
Capítulo V. Reglamentación en biotecnología	91
Organizaciones internacionales involucradas en bioseguridad a nivel mundial	93
La reglamentación biotecnológica en México	96
Los reglamentos de Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea	107
Capítulo VI. La biotecnología, la bioseguridad y la postura de los científicos mexicanos	118
Bioseguridad, conocimiento de las normas y del Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola	119
Características de la investigación biotecnológica agrícola y su problemática en los centros visitados	128
Perspectivas de la biotecnología y la bioseguridad en México	138
Capítulo VII. Reflexiones finales	142
La investigación biotecnológica nacional	142
Respecto de la normatividad	146
Las normas desde el punto de vista de la ética	147
Bibliografía consultada	153
Anexo. 1. Reporte de los institutos, laboratorios, públicos y privados, empresas, y sus proyectos de investigación en biotecnología agrícola	162

INTRODUCCIÓN

El mundo tecnológico actual es el resultado de un proceso que todavía está en marcha. Dentro de los alcances de la Revolución Científico-Tecnológica actual son diversos los campos en los que se trabaja y cuyos resultados impactan fuertemente las diferentes esferas que componen y estructuran a la sociedad .

México, aún sin proponérselo a través de políticas de desarrollo precisas, se ha visto envuelto en la vorágine de los cambios, manifestación que indudablemente es producto de las transformaciones en el estilo de intercambio mundial que tiene como base la globalización de las economías. Por este hecho, los cambios ocurridos en los grandes países se trasladan de manera casi inmediata a naciones que dependen de ellos económicamente. Así como sucede en el aspecto económico-político, y tal vez a resultas de ello, los esquemas de desarrollo científico también tienen su referente en los avances que logran los países industrializados, y las respuestas que se producen en los no industrializados.

Esta revolución ha tomado desprevenido al país y a sus principales actores sociales. El desfase entre los reglamentos y los avances que se observan en la ciencia y la tecnología no es privativo de ese quehacer, también el retraso es sensible en la previsión de las consecuencias que ello puede tener.

La incorporación de las instituciones de investigación al acelerado y cambiante ritmo que le imprimen estos tiempos y la dinámica que genera, han rebasado la capacidad de análisis y la emisión de reglamentos e incluso actitudes que pudiesen contrarrestar la situación derivada de la investigación sin obedecer a normas mínimas de operación. La investigación biotecnológica ha avanzado en México sin un patrón que le proporcione rumbo o dirección, sino solamente con las expectativas que ofrece el quehacer científico sin correlacionarse con la satisfacción de las necesidades de la población mexicana, sobre todo las relacionadas con el sector agrícola nacional.

Entre las áreas de investigación de la biotecnología internacional, un papel muy importante es asignado a la biotecnología agrícola por las posibilidades que ofrece ésta, de utilizarse en acuerdo a las necesidades de una gran población mundial con una relación desfavorable en cuanto a la producción. Si observamos la relación entre ambos factores es indudable que resulta atractiva en extremo la utilidad y posibilidades de la biotecnología.

No obstante esta argumentación, la respuesta de los científicos nacionales a la invasión de novedosas investigaciones ha sido insuficiente en muchos aspectos. La actividad científica no tiene repercusiones sobre el problema primordial a atacar: la exigencia de hacer uso de las innovaciones para incrementar la producción y resolver los problemas del desequilibrio entre población/producción. Es un hecho que la biotecnología no ha sido planteada para solucionar esa problemática; son otros móviles además de que no hay recursos suficientes para la investigación básica e investigación aplicada; y porque la jerarquización de prioridades obedece a otros objetivos. Sin embargo en países como el nuestro, sigue siendo necesario vincular de manera más comprometida a la investigación con el desarrollo agrícola nacional.

Por otro lado, aunque la investigación que se desarrolla en el país depende en gran medida de posibilidades económicas, técnicas y políticas, la actitud de los científicos ante su quehacer ha sido muy tecnicista y con poca visión para afrontar los cambios sociales que ello trae consigo. Aún se ve a la investigación con ojos de subdesarrollo hasta en lo que se refiere al impacto y riesgos que este quehacer implica. Aunado a lo anterior, no se ha delineado la responsabilidad de las empresas transnacionales que tienen relación con la actividad agrícola, farmacéutica, pecuaria y de los alimentos, que con el afán de ganancia no se detienen en reflexiones de carácter moral.

Asimismo, la sociedad civil no está enterada de los desarrollos y sus implicaciones, lo que contribuye a que ni siquiera se sepa a quién pedir cuentas en situaciones de conflicto. Se puede decir que no existe una cultura de previsión de los riesgos que a futuro pueden generarse con la práctica científica y empresarial actual. Referido esto no solo a la proyección que pudiesen tener los resultados de investigación, sino a la práctica cotidiana que también implica riesgo.

Ha hecho falta una reacción en consecuencia, para prever las implicaciones a partir de la formulación de normas que, en nuestra situación particular y específica, sean operables y regulen las circunstancias que por su heterogeneidad requieren acciones más precisas.

Es claro que no solo el país sino el mundo actual pisa umbrales no conocidos y por lo tanto difíciles de manejar. Lo que suceda como resultado de este proceso todavía está en etapa de gestación. El papel de las autoridades que se encargan de normar la actividad implica una gran responsabilidad en lo que ha ocurrido hasta hoy día con las empresas, porque su lógica ha sido la misma que la de las corporaciones, la ganancia por sobre consideraciones de tipo ético.

En estos momentos se hace necesario reconsiderar la actitud de los científicos, la de las autoridades y la de la sociedad civil; hace falta un llamado a la reflexión sobre la participación que todos y cada uno tenemos en esta sociedad referente al mundo que estamos construyendo para el futuro. En el caso de los científicos, sobre su papel en la generación de realidades distintas que pueden ser promotoras tanto de cambios cuanto de riesgos desconocidos. Para las autoridades, el establecimiento de límites y políticas normativas de la acción, y para la sociedad civil la responsabilidad de enterarse de lo que ocurre; de alguna manera somos corresponsables de esta tarea y también de sus resultados.

Ante la panorámica planteada, esta investigación se propuso:

- Estudiar las implicaciones éticas y normativo-jurídicas de la biotecnología agrícola en México
- Valorar el desarrollo normativo de la biotecnología agrícola en sus dimensiones sociales e implicaciones éticas y de justicia, haciendo énfasis en:
 - Analizar el papel de la biotecnología agrícola para el desarrollo en México
 - Revisar los reglamentos que norman el quehacer biotecnológico agrícola en México
- Analizar las implicaciones de riesgo derivadas del desarrollo de la biotecnología agrícola
- Explicar y delinear las perspectivas de la bioseguridad en México, de acuerdo

con los reglamentos que se han expedido hasta el momento

- Valorar los reglamentos mexicanos en relación con los expedidos en otros países y las repercusiones que tienen en la bioseguridad

La secuencia capitular del trabajo inicia con una reseña del desarrollo de la biotecnología así como una breve descripción de ésta, de las técnicas empleadas y los logros alcanzados hasta el momento en México para acercar al conocimiento de las bases donde se inserta la problemática en estudio. Esta información es tratada en el Capítulo I.

La participación de las empresas transnacionales de la agricultura tiene un papel relevante en la investigación y producción científica sobre el área biotecnológica; su desempeño y los apoyos que obtiene de los países líderes en el campo en cuestión ponen en seria desventaja a los productores nacionales en términos de competencia comercial. Su participación involucra algunos riesgos -en el ambiente y la salud de los ecosistemas en general- para los países donde se carece de mecanismos regulatorios de su actividad y donde no es casual que se instalen campos de prueba de organismos modificados genéticamente. Capítulo II.

Los riesgos que se postula pueden ser producto de una actividad biotecnológica sin regulación, se clasifican de acuerdo con la naturaleza de los mismos y sus posibles implicaciones en las diferentes esferas de actividad humana. Así tenemos, en el Capítulo III, una relación de los riesgos que se pueden esperar en el ambiente con la manipulación de microorganismos, animales y vegetales incluidos los humanos y; aquéllos que derivan al ámbito socioeconómico.

En el Capítulo IV, la pretensión es acercarse a los conceptos de ética, moral, derecho y justicia, como componentes de un código normativo que auxilie en la regulación de la biotecnología como actividad que genera productos cuyas posibilidades de control van más allá del código jurídico con el que operan las sociedades actuales. Se revisan las propuestas históricas para sociedades antiguas y las propuestas que emergen del trabajo de filósofos contemporáneos para regular la interacción entre los actores sociales de la actualidad, así como su relación con la naturaleza, a través del derecho positivo moderno y del derecho procedimental, donde se discute la necesidad de nuevas normas para una sociedad distinta en las que se inserte una visión ética del mundo, ya que

sin ella se prevén serios riesgos porque no hay relación entre daños y beneficios, hablando sobre todo de la convivencia de la comunidad no solo nacional sino también internacional.

Es pertinente por la naturaleza de este trabajo, hacer un análisis de la reglamentación biotecnológica en México, sus instancias y el contenido de sus normas, referido éste al tipo de investigación que se desarrolla en el país. Con similar intención y tratando de establecer parámetros comparativos, se revisan los reglamentos de los países que son socios comerciales de México - Estados Unidos por razones geopolíticas, principalmente - y aquellos mediante los cuales se norma esta área de trabajo en la Comunidad Económica Europea actualmente, en el Capítulo V.

Por la importancia que para el país representa la bioseguridad y sus posibilidades, en el Capítulo VI se aborda la biotecnología y la bioseguridad desde el punto de vista de los científicos nacionales, así como también su concepción sobre las posibilidades de riesgo que su desarrollo involucra en México respecto del tipo de investigación que realizan en sus laboratorios. El conocimiento de los mismos acerca de las normas para el comercio, importación o transporte de organismos modificados genéticamente (OMG) y su contacto con el Comité Nacional de Bioseguridad. El material antecedente de este apartado fue colectado mediante entrevistas realizadas a investigadores prominentes en el campo de la biotecnología agrícola en México.

De acuerdo con los resultados de este trabajo pueden señalarse algunas consideraciones preliminares. Por la naturaleza de la investigación que se desarrolla en México, tanto en instituciones oficiales, dentro de las que hay institutos de investigación encargados de los procesos de formación de cuadros técnicos en el país, la ingeniería genética es una técnica de investigación objeto de trabajo de un reducido número de laboratorios; las técnicas de cultivo de tejidos son las más generalizadas. Por ese hecho, son pocos los productos de la investigación nacionales que están en posibilidades de trasladarse al mercado y causar un impacto relevante. Sin embargo la infraestructura con que se cuenta sí posee un potencial importante para desarrollar niveles de proyección mayores e incluso contribuir a superar algunos de los problemas del agro mexicano, desde luego que esto implica algunas condiciones importantes de resaltar: la definición de

una política adecuada de investigación y en correspondencia directa con las necesidades del país, hecho que exigiría la asignación presupuestal que demandasen aquellos proyectos que respondieran a necesidades nacionales. Por otra parte se requiere establecer nexos más firmes con la industria nacional para desarrollar trabajos de importancia comercial y aplicación directa y, de esta manera, obtener recursos frescos que no tengan como origen el presupuesto federal ya de por sí escaso.

Respecto de la generación de productos obtenidos vía ingeniería genética, evidentemente son las empresas transnacionales que operan en el país y gran parte del mundo quienes más aportan, representando siempre la vanguardia en esta área. El mercado de semillas por ejemplo está prácticamente controlado por éstas, hecho que se repite y se extiende a muchas otras áreas de la producción.

En resumen la situación se expresa en cinco puntos fundamentales que pretenden definir la problemática nacional respecto de la investigación en general y biotecnológica en particular:

- No hay un vínculo coordinador entre la investigación y la problemática agrícola nacional, es decir se requiere de políticas claras respecto de la biotecnología en el país para definir con precisión sus rumbos.
- Las instituciones de investigación operan sólo con recursos federales y algunos apoyos internacionales vía convenios de colaboración.
- No hay una política de estímulos dirigida a apoyar el trabajo científico que promueva una línea de trabajo ni reconozca las particularidades del trabajo científico nacional.
- Se requiere de trabajo interdisciplinario donde colaboren científicos biotecnólogos con científicos del área agronómica para definir proyectos con miras resolutivas de la problemática agrícola nacional.
- Se debe promover la participación de los científicos directamente involucrados en la investigación para la elaboración de las normas que regulen su actividad, apoyados con asesoría jurídica y también sensibilizando su actitud respecto del trabajo que desarrollan desde un punto de vista ético-filosófico.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES SOBRE BIOTECNOLOGÍA Y LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

En el presente capítulo se aborda la biotecnología como técnica biológica, analizando desde sus antecedentes históricos, los procesos que han dado lugar a uno de los logros más importantes de la ciencia en la historia de la misma. Parte del desarrollo ha sido producto de un enlace estrecho entre ciencia y tecnología cuyos resultados constituyen una gran preocupación entre grupos de la sociedad civil, enterados de las repercusiones que pudieran tener los productos biotecnológicos. Asimismo se expone brevemente cada una de las biotécnicas más importantes en el área de interés y los avances que se han logrado con ella. Particularmente para México se describen los trabajos que se han realizado y los que están en proyecto aún, mencionando las instancias de educación superior donde se practica investigación biotecnológica.

Historia de la biotecnología

Sin pretender una gran descripción de las diferentes etapas de la biotecnología, pero sí con la idea de proporcionar una panorámica global del desarrollo de la misma y, considerando incluso sus orígenes, se expone como fue concretándose uno de los más grandes logros de la ciencia cuyo camino fue recorrido prácticamente en forma paralela con la tecnología, su mancuerna.

Se dice que la biotecnología como tal aparece en la década de los setenta del presente siglo, pero sus prácticas datan de hace varios siglos, e incluso se podría hablar de milenios que son parte de la historia de la humanidad: se reportan hallazgos del uso de bacterias desde la época de los sumerios y aunque eso no sea precisamente lo que ahora se entiende como biotecnología, en efecto se trató de un proceso donde se utilizaron microorganismos para funciones principalmente de fermentación del mijo, arroz y cebada en culturas milenarias -los sumerios, chinos, japoneses-, aunque no hubiera sido

identificado el porqué de la actividad, ni mucho menos los causantes de la misma

En el siglo pasado y a principios del presente se fueron gestando los orígenes de la nueva biotecnología en el mundo, principalmente con los descubrimientos de Louis Pasteur y otros científicos de la época, cuyos resultados tuvieron un impacto directo e inmediato en la industria alimentaria. Fue de esa manera como se lograron entender los mecanismos de la producción de cerveza, vino, vinagre, queso, etc., así como las causas de su deterioro; paralelamente se implementaron las técnicas de aislamiento y conservación de cultivos puros de microorganismos varios para su ulterior utilización en las industrias, lo que se hizo una práctica común (García, *et al.*, 1993).

Estos avances son logros de ciencias como la microbiología, la bioquímica y la química, mismas que ayudan a describir la regulación de procesos tanto a nivel biológico como molecular.

Aún antes de la aparición de la biotecnología propiamente dicha, ocurrieron algunos sucesos importantes de reconocer; "... en la década de los cuarenta se produjo el parteaguas con el surgimiento de la ingeniería bioquímica. Esta se da con la necesidad de producir a gran escala los antibióticos ... la aplicación en los procesos fermentativos y la recuperación y purificación de este tipo de productos..." Con un avance significativo para la industria tuvo también lugar el desarrollo de la tecnología enzimática "... la disposición de enzimas de origen microbiano sustituyó las de origen vegetal y animal, lo cual abarató considerablemente los costos e inclusive se encontraron más adecuadas a varios fines de gran escala..." (García, *op. cit.*;17), las repercusiones que esto tuvo en la industria fueron muy importantes, se logró la síntesis de varios productos novedosos para el sector salud.

Reiterando, es en la década de los setenta cuando surgen con firmeza los procesos de fermentación continua, considerados propiamente logros de la biotecnología "En el campo de la tecnología enzimática surge la inmovilización de enzimas ... extrapolando sus alcances a la inmovilización de células tanto vegetales como animales -microorganismos y organismos superiores- ...", (García, *op. cit.*) lo cual sólo pudo producirse en función de los avances de la genética y biología molecular, a través del mejoramiento de microorganismos de interés industrial, como las levaduras para la producción de cerveza.

Los hechos científicos que incluyen hasta mediados de la década de los setenta,

palidecen al presentarse el gran logro que impactó al mundo de la ciencia y a la humanidad misma, que contribuyó a los logros posteriores y constituyó las bases para el despegue de la biotecnología que actualmente se practica: la tecnología del ADN recombinante que tuvo su antecedente en los descubrimientos de Watson y Crick en 1953 quienes lograron identificar la doble hélice constituyente del código y patrimonio genético de todos los seres vivos (Arroyo y Waissbluth, 1988; Sepúlveda, 1992). En 1977 se desarrollaron técnicas de ingeniería genética de gran alcance y aplicaciones en la actualidad, como es la fusión de protoplastos; en los ochenta estas técnicas ya fueron utilizadas en células de plantas para su transformación genética. Actualmente, con el cultivo de células vegetales y animales, y los anticuerpos monoclonales, también a consecuencia de la ingeniería genética se abre espacio a la ingeniería de proteínas (Arroyo y Waissbluth; Sepúlveda, *op. cit.*).

De acuerdo con los logros obtenidos por las diferentes ciencias, que repercuten en el avance de las biotécnicas, se hace una clasificación de la biotecnología en función de sus aportaciones, así es como se denomina entre el mundo científico biotecnología de primera, segunda, tercera y cuarta generación.

“Biotecnología de primera generación es la que abarca las aportaciones pre-pasteurianas, empírica y de épocas muy remotas que incluso no están registradas; biotecnología industrial o de segunda generación a mitad del siglo XIX, con conocimientos de microbiología y biquímica; la biotecnología de tercera generación es la era de los antibióticos y; la de cuarta generación o la nueva biotecnología es aquella que tiene lugar de 1975 en adelante y que está caracterizada fundamentalmente por la ingeniería genética, el cultivo de tejidos y los anticuerpos monoclonales...” (García *et al* 1993;18).

La biotecnología de cuarta generación también ha sido asociada con los avances más recientes y espectaculares en las técnicas de los hibridomas, las técnicas inmunológicas y los procesos enzimáticos, los cuales son derivados de la biología celular y la ingeniería bioquímica.

Esta nueva biotecnología suscitó un gran entusiasmo tanto en el ámbito científico como en las esferas más altas de los gobiernos mundiales, y se puede decir que ha

conmovido al orbe desde sus cimientos por las repercusiones que puede traer en su aplicación y desarrollo. Proporciona la capacidad de construir células y de ahí organismos según lo pudieran demandar los mercados internacionales más caprichosos.

Concepto de biotecnología

Se considera necesario para este trabajo describir las técnicas que se han desarrollado en el área de la biotecnología, para tener elementos de análisis sobre el rango de repercusiones que pudieran desprenderse, sin embargo antes de continuar en esta misma línea, también se considera conveniente definir sobre qué conceptualización de *biotecnología* girará el presente trabajo.

Existen varias versiones que consideran un amplio espectro sobre el entendido del quehacer de la biotecnología, entre las que se señala a cualquier técnica que utilice organismos vivos (o sus partes) para fabricar o modificar un producto cualquiera, ya sea planta o animal, o bien para desarrollar microorganismos con usos específicos. Sólo con la idea de proporcionar una versión más completa, a juicio de quien esto escribe, se proponen las siguientes:

De acuerdo con la Federación Europea de Biotecnología se define a ésta como “el uso integrado de la bioquímica, la microbiología y la ingeniería para lograr aplicaciones tecnológicas de las capacidades de los microorganismos, los cultivos de tejidos y las partes derivadas de ellos” (García, 1993:13).

Otra propuesta señala que “La biotecnología como una multidisciplina cuyo objetivo es el manejo y utilización de organismos vivos y/o de sus constituyentes para producir bienes y servicios de una utilidad económica y social...”(Quintero, 1986, en Sepúlveda 1992:74).

O bien, otra postura, considerada en el contexto del progreso científico propone que la “... biotecnología es un *continuum* de tecnologías que han sido basadas en el uso comercial de microorganismos, microbios y otros organismos vivos así como de sus componentes para producir y modificar un vegetal, animal o microorganismo, desarrollando productos de uso específico; su parte más estratégica y avanzada es la ingeniería genética de plantas y animales...”(Spelman, 1994:59).

Es interesante observar que la primera y la última propuestas incluyen claramente los aspectos que tienen relación con la ingeniería genética como punta de lanza de la biotecnología y también que deja asentado el hecho de que es un desarrollo evolutivo con el concurso de varias disciplinas, incluyendo que pueden ser organismos vivos, tanto animales como vegetales. Las otras proposiciones se remiten a señalar el uso de técnicas que manipulan seres vivos con el fin de fabricar bienes y servicios, de carácter industrial. Se considera que la última propuesta es la más completa y conveniente para los fines del presente estudio.

Este trabajo, por el hecho de circunscribirse a los avances en el ámbito de la agricultura remite a revisar también el concepto de biotecnología desde su componente vegetal el cual tiene su campo de acción dentro del área de la producción agrícola o primaria de los alimentos y representa un conjunto de herramientas de suma importancia “en los países desarrollados se prevee que la biotecnología vegetal será el factor más importante para el crecimiento de la agricultura mundial en los próximos 50 años, lo que explica las grandes inversiones de millones de dólares que se han hecho” (Robert *et al* en García *et al.*, 1993:69-70; Spelman 1994:61). Las agrobiotecnologías, que son las biotecnologías específicas para la agricultura “... Las agrobiotecnologías son tecnologías dirigidas a la producción vegetal, animal y agroindustrial, tanto para la investigación científica ... como de la comercialización y de la producción” (Robert; Spelman *op. cit.*). Entre las aplicaciones más importantes y generales de la biotecnología en fase de comercialización o dirigida al mercado están “... la propagación de plantas, el trazo de mapas genéticos, la transformación de plantas con ingeniería genética, diagnóstico de patógenos, determinación del sexo en animales, la generación productos veterinarios, y de agentes biológicos para el control de plagas. Otras aplicaciones de la biotecnología pero que requieren mayor tiempo es la producción de semillas artificiales, metabolitos secundarios por fermentación, animales transgénicos y sustancias biológicas en animales, así como la manipulación de caracteres biológicos...” (Robert; Spelman *op. cit.*)

Con sus diversas técnicas, la biotecnología provee de beneficios muy importantes que de ser capitalizados y dirigidos en función de las necesidades de la población mundial, podrían tener efectos importantes en la satisfacción de requerimientos alimenticios de las

clases más necesitadas, por la posibilidad de incrementar la productividad y bajar precios unitarios de producción, aún cuando esto no sea una garantía del abatimiento de los precios de los productos que van al consumidor.

Los mismos autores han reseñado las principales metas y bondades que se le han atribuido a la biotecnología desde su aparición en el escenario científico mundial donde “...sobresalen los de elevar la productividad de los principales factores de la producción; reducir o eliminar el uso de agroquímicos; mejorar la calidad de los productos en materia toxicológica, nutricional, vida de anaquel ... sustituir importaciones, y acelerar el desarrollo de productos. En lo que respecta a nuevos avances en la investigación, ésta se orienta a ... buscar nuevas variedades de cultivos adaptados a entornos ecológicos concretos o sustituir aquellos que presenten rendimientos declinantes” (Jaffé y Trigo, 1994:573).

Estas metas de la biotecnología pueden ser alcanzadas por varias vías, ya que se ha desarrollado una serie de técnicas que evolucionan cada día y que conjugan sus esfuerzos para hacer cada vez más eficiente su participación en la vida productiva de los distintos países del mundo. Sin embargo, los principales avances se dan en países desarrollados o industriales, los que cuentan con capacidad de inversión tanto pública como privada en estas áreas. Para los países que apenas están en proceso de desarrollo - como es el caso de México- los adelantos científicos son prácticamente consecuencia de la inversión que realiza el Estado. Esta no es suficiente, pero en las instituciones de enseñanza superior, institutos de investigación, nacionales e internacionales ubicadas en México -como es el caso de CIMMYT- la investigación biotecnológica empieza a alcanzar estaturas importantes.

Paralelamente, dentro de este quehacer hay que considerar la participación de las compañías transnacionales que han instalado filiales en México, principalmente aquellas que tienen que ver con la agricultura, ya que tienen participación en el entorno investigativo con aplicación directa al sector productivo y en este sentido son las que realizan su investigación sobre todo con fines de ganancia y de monopolización del mercado de los productos biotecnológicos a mediano y largo plazos.

El tipo de investigación tiene mucho que ver con los recursos que en ello se

invierte, así se puede decir que la biotecnología de punta solo se realiza en unos cuantos centros de investigación del país. Prácticamente son tres quienes realizan investigación en ingeniería genética -el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados Unidad Irapuato, del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-I) en biotecnología vegetal es puntero, la Universidad Nacional Autónoma de México con su Instituto de Biotecnología y el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán.

Como es natural, el presupuesto dedicado a la investigación, por efecto de la crisis económica que vive el país, se reduce cada día más y eso ha ocasionado que sea menor también el número de instituciones dedicadas a la investigación de alto nivel; otra consecuencia de ello es la marginación de instituciones y grupos fuertes en investigación en el país.

Ante esta situación, parece ser que si la inversión federal en ciencia y tecnología disminuyera cada vez más, no solo se favorecerá la participación del sector industrial privado en el ámbito tecnológico sino que se propiciará que la participación de las empresas transnacionales de la agricultura sea cada vez mayor porque de manera “indirecta” se está promoviendo que ocupen más espacio en el mercado y, a largo plazo, es muy probable que lleguen a dominar totalmente el de semillas mejoradas por ejemplo.

Es un hecho que la finalidad de las políticas de investigación del país es darle mayor impulso a la investigación aplicada, y menos a la investigación básica que constituye el pilar de la primera. Paralelamente, ocurre que los apoyos están en función de los resultados de la investigación con aplicabilidad directa y esto se traduce en el lento avance de esa investigación base para el desarrollo de novedades científico-tecnológicas, generando un círculo sin salida.

Técnicas biotecnológicas

Con el propósito de revisar en qué consisten las diferentes biotécnicas, porque son las vías mediante las cuales se manipulan plantas de interés agronómico en nuestro país, se describen algunas de ellas tratando de proporcionar una referencia de los procesos que involucran para entender el gran movimiento y repercusiones que ha propiciado y tendrá en el futuro cercano la biotecnología a nivel mundial.

Un ejemplo de lo anterior es que cada día se identifican más genes causantes de enfermedades específicas, y en los Estados Unidos, por ejemplo, ya se autorizó el primer programa de terapia génica para los seres humanos. Inclusive se ha procedido a la introducción de genes diversos en plantas para inducir en ellas la resistencia a distintos herbicidas e insectos; y se registran pollos resistentes a la enfermedad de Marek, mediante la inserción de ADN del virus en las células germinales de los pollos (Jaffé y Trigo, 1991:5).

Esos son sólo algunos de los ejemplos que se podrían mostrar, pero de hecho son varios ya los organismos modificados genéticamente -se han producido ratas, ratones, conejos, ovejas, vacas y cerdos transgénicos- y algunos se encuentran en proceso o trámites para su aplicación en gran escala y producción comercial, en 1991 se autorizaron para salir al mercado varios productos transgénicos (Jaffé y Trigo, *op. cit.*).

Con respecto a la biotecnología agrícola o vegetal, una proporción importante de la investigación que se realiza en México se sitúa dentro de la investigación aplicada, pero se puede decir que son trabajos repetitivos de especies cuya reproducción *in vitro* ya ha sido reportada en los países líderes en el campo de la biotecnología. Además, los datos señalan claramente el predominio de plantas y flores ornamentales y frutales. El agave que es otra línea cuyos resultados ya se han reportado -en este último caso son investigaciones originales no repeticiones-. Son pocos los cultivos con propósitos de exportación, como el del jitomate, que están presentes en los trabajos de investigación biotecnológica (Arroyo y Waissbluth, 1988; Sepúlveda 1992 y Mendoza, 1994).

Con respecto a la descripción de las distintas técnicas biotecnológicas, se puede hablar de las que se practican comúnmente desde hace aproximadamente dos décadas.

Cultivo de tejidos. Esta tecnología permite trascender las limitaciones impuestas por el tiempo, no se requiere esperar a que una determinada especie cumpla su ciclo de vida completo. Mediante estas técnicas es posible reproducir seres vivos -animales o vegetales- en forma eficiente, acelerada y en gran escala, fuera de su medio natural, e inclusive a partir de sus órganos o sólo de partes de ellos: "El proceso de cultivo comienza en la colocación de un órgano -llamado explante-, o de células de protoplastos, en un medio de cultivo generalmente semisólido. Se observa entonces el desarrollo de un

tejido desorganizado y de rápida proliferación, llamado callo o "callus". La proliferación ininterrumpida del callo constituye, en sentido estricto, el cultivo de tejido (Quintero, 1993:43).

Dentro del cultivo de tejidos existen varias subtécnicas, entre las que se encuentran las siguientes:

Variación somaclonal. Consiste en formar a partir de una célula o pedazo de tejido vegetal, un callo y/o embriones somáticos a través de los cuales se induce el desarrollo de una planta adulta. La alta tasa de división de estos callos genera variación genética y las plantas de la progenie son diferentes de la planta madre. La variación somaclonal actualmente es una alternativa viable para la selección de nuevas variedades con características agrícolas ventajosas (Quintero *op. cit.*).

Micropropagación. A partir de meristemos apicales, de donde crecen normalmente todas las plantas se pueden regenerar plantas adultas induciendo ramificación por activación de yemas axilares. Es un tejido con una tasa de división muy alta y también altamente totipotenciales sus células, lo que ha permitido propagar un gran número de especies vegetales para su comercialización. También dependiendo del explante se pueden obtener plantas libres de patógenos. (Quintero, *op. cit.*)

El cultivo de tejidos vegetales permite propagar masivamente un gran número de especies vegetales: ornamentales, forestales, frutales, de uso industrial y otras, libres de plagas y enfermedades a un costo muy bajo. La multiplicación masiva de plantas por medio de cultivo *in vitro* ha tenido un gran impacto comercial. De 1984 a 1986 en EE.UU. los comercios dedicados a esta actividad aumentaron de 64 a 270 y en Holanda de 5 a 30, lo que da idea de la potencialidad de las biotécnicas en el aspecto comercial. Entre las plantas que han sido micropropagadas están: plátano, ciruela, cereza, manzana, pera, durazno, cítricos, papaya, olivo y café. Las variedades micropropagadas por cultivo de anteras son; ciruela, cereza, durazno, manzana, limón, papaya y café (Quintero 1993; Sepúlveda 1992) se tienen resultados positivos de experimentos avanzados para multiplicar plantas sanas de cítricos, piña, alcachofa, papa, plátano, fresa, ajo, caña de azúcar y también se han extendido a especies forestales (Bajaj, 1986), muchas de estas pruebas se realizan para verificar su potencial de inmunidad mediante técnicas como

ELISA.

Fusión de protoplastos. Con esta técnica se aíslan los protoplastos, se esteriliza el explante y se le da un tratamiento con enzimas celulíticas; ya sin pared celular queda la membrana plasmática íntegra. Los protoplastos formados son lavados y cultivados artificialmente para dar lugar al inicio de la división celular y la formación del callo. Con esta técnica se han experimentado varios cultivos (papa, alfalfa, berenjena, espárrago, nabo, naranja, yuca, tomate, tabaco, zanahoria, la planta modelo arabis, y algunas ornamentales: geranio y petunia) (Quintero *op. cit.*)

Ingeniería genética. El término **ingeniería genética**, trata acerca de la transferencia de genes -los factores hereditarios que se transmiten de un progenitor a su descendencia- Con el trasplante de genes de un organismo a otro, se induce al organismo receptor a ejecutar las órdenes del donante, esto es, por ejemplo la capacidad de producir una sustancia química determinada, establecer un comportamiento especial o buscado dentro del individuo al que se le insertó el gen extranjero, y todo por la información que aporta el gen transplantado. Los logros y propósitos de estas técnicas son, entre otros, producir plantas con características que les confieren valor agregado, vegetales con contenido superior de sólidos: tomate, papa, ajo. Otras cualidades: color, sabor, vida ampliada en anaquel por disminución en la velocidad de maduración, etc.

La ingeniería genética y varias de sus técnicas consisten en el manejo de la información contenida en el ADN de los cromosomas. Por medio de cortes e inserciones de pequeñas partes de material genético, proveniente de otros seres vivos o de tipo sintético, logran modificar el comportamiento de un individuo equis, con fines predeterminados. La bacteria *Agrobacterium tumefaciens* ha sido utilizada con mucha frecuencia para inducir a las plantas a producir tumores en el cuello de la raíz de las plantas; la bacteria altera genéticamente a sus huéspedes. El proceso se realiza cuando penetran las bacterias por pequeñas heridas e infiltran el plásmido, la información genética del ADN es liberada en el plásmido e integrada a la información genética de la planta inoculada, que empieza a producir células exageradamente rápido y hormonas de crecimiento que de manera normal se encuentran en las hojas y yemas, no en las raíces.

Adicionalmente, estas técnicas se utilizan para la producción de sustancias de

interés farmacéutico y comercial, como la insulina humana, obtenida a través de la inserción de un gen que codifica la información para la producción de la sustancia en un colibacilo; la hormona de crecimiento; los factores de coagulación sanguínea y el interferón. Entre otros casos, se han obtenido plantas clonadas por transferencia múltiple de genes, modificándoles el diseño de las hojas y logrando por consecuencia una alta eficiencia en actividad fotosintética.

Biobalística. Mediante disparos de partículas de ADN utilizando tungsteno o fragmentos de oro como portadores de la información genética deseada, se introducen éstas mediante aceleración y penetran en las células a transformar. Recientemente han sido desarrollados otros mecanismos utilizando aire comprimido para acelerar esas partículas incrementando la aceleración e introduciendo con menor daño de las células el ADN de interés. Se utiliza cloruro de calcio (CaCl_2) para unir el ADN a las partículas. Se ha experimentado con soya, maíz y trigo. (Mendoza, 1994).

Microinyección de ADN en células y protoplastos. Con el uso de micropipetas de diámetros micrométricos y el uso avanzado de microscopio electrónico, se introduce deliberadamente el ADN en las células. Señalan éste como uno de los métodos más precisos y directos para llevar el ADN a compartimientos específicos de la célula. Se ha probado con núcleos y protoplastos de alfalfa y tabaco. La microinyección de ADN se hace principalmente en embriones que están en etapas primeras de su desarrollo y que son derivados de microesporas. Este constituye un sistema alternativo exitoso para la transformación de cereales, porque la regeneración a partir de protoplastos en estos y otros casos es muy difícil, esta técnica con proembriones ha abierto nuevos enfoques para plantas que puedan regenerarse a partir del cultivo de anteras. También se observó que hay altos niveles de transformación cuyas frecuencias aportan medidas entre el 14-66% y el promedio de inyección por hora es de 40 a 50 protoplastos. De las especies probadas, por el bajo nivel de eficiencia de sus genes, el trigo es el menos estable. (Webb y Morris, 1992; Quintero, 1993).

Electroporación. Otra posibilidad de transformación mediante transferencia de ADN que cruza la pared celular ayudado por impulsos eléctricos. Se cultivan protoplastos en un medio líquido bajo condiciones controladas y se someten a una

corriente de 1-1.5 kw/cm. Las secuencias génicas entran en la célula y se integran en su genoma, la mayoría de los casos en forma estable y se transmite tanto a plantas regeneradas como a la progenie de éstas. Se han hecho pruebas de este tipo con maíz, caña de azúcar, tabaco, petunia, arroz y monocotiledóneas, generalmente plantas no susceptibles de transformación mediante vectores. (Webb y Morris, 1992; Quintero, 1993 y; Mendoza, 1994).

Clonación. Esta es una técnica que implica el proceso de aislar un segmento de ADN de su medio inicial y ampliarlo selectivamente aumentando la variabilidad genética del organismo receptor e incorporándole capacidades adicionales a las propias. Esta técnica se puede utilizar en procedimientos de regeneración de individuos completos, o bien para producir algunos metabolitos secundarios específicos (v.gr. para obtener productos químicos directamente de células vegetales sin el cultivo del individuo completo) y en la bioconversión o la biotransformación de una sustancia en otra en cultivos celulares.

ARN antimensajero. Es utilizado para controlar algunos rasgos de la expresión genética en plantas. Esta es una de las técnicas de ingeniería genética de plantas que se ha practicado en algunos cultivos comerciales de gran interés mundial, el más importante es el caso del jitomate. Se ha podido controlar la expresión de la actividad de una de las enzimas que degradan pectina, la poligalacturonasa (PG), asociada con la maduración del fruto de tomate. (Quintero, 1993:125). Esto ha sido posible mediante la introducción de genes "antimensaje", efecto del secuestro de un RNAm específico (Kramer, Sheehy y Hiatt, 1989)

Transplante de núcleos. La técnica requiere del concurso de sustancias químicas que ayudan a introducir el material genético de una planta en otra, utilizando sustancias especiales, como el polietilenglicol y glicina principalmente. Este método puede ser útil para crear variabilidad genética en cultivos altamente manipulados y que por ello la variabilidad genética sea difícil, porque los organismos trabajados adquieren propiedades combinadas al recibir en su núcleo la información genética de otro.

Mediante la introducción de la información genética a través de una bacteria también se hacen modificaciones en el genoma de una planta u organismo. Por ejemplo

con *Agrobacterium rhizogenes* que incorpora en el genoma de la planta un fragmento del plásmido Ri (*root inducing*), el cual tiene la capacidad de regular el balance hormonal de la célula infectada. El efecto es que induce la formación de raíces adventicias de rápido crecimiento en el sitio de penetración de la bacteria. Este es uno de los campos señalados con mayores y mejores perspectivas porque esta técnica es la base para la producción de metabolitos secundarios.

La aplicación de técnicas de ingeniería genética en la producción de semillas mejoradas representa -ya están en el mercado- uno de los mayores impactos. Actualmente es posible, mediante estas técnicas, obtener plantas con nuevas características que dependen de un solo gen; así se han obtenido plantas resistentes a herbicidas, enfermedades, insectos y plagas (Quintero *op. cit.*).

Independientemente de estas técnicas (clonación e ingeniería genética), hay otros mecanismos para alterar la información genética; no se depende sólo de la transferencia de genes; es posible también sintetizar químicamente un gen inédito con capacidades predeterminadas de dirección de síntesis molecular e incorporarlo al ADN receptor, con los mismos efectos que en la recombinación con genes naturales (Quintero *op. cit.*) lo cual constituye una posibilidad enorme para mejorar cultivos de interés comercial, aunque todavía no está bien desarrollada la técnica.

Entre otros beneficios que la biotecnología puede presentar en el sector agrícola se señala que las biotécnicas para fijación de nitrógeno podrían eliminar, en el contexto mundial la necesidad de aplicación de US\$20,000 millones anuales de fertilizantes nitrogenados, a mediano y largo plazos. Existen varios enfoques para lograrlo, que van desde el mejoramiento de los procesos de producción de inoculantes hasta la producción por técnicas de ingeniería genética de plantas capaces de fijar por sí mismas el nitrógeno del aire, especialmente los cereales. (Quintero *op. cit.*).

Se esperan los resultados más importantes en el control de la expresión genética mediante manipulación en varios cultivos, para el año 2007: en el maíz 78% en incrementos de productividad, se aspira a que los atributos dependientes de un solo gen hayan sido resueltos por ingeniería genética; lo mismo para arroz con un 76% en incremento de la productividad, para trigo y cebada 67%. En las plantas dicotiledóneas

también se espera alcanzar logros importantes en productividad: papa 85%, colza 82%, soya 78% y caña de azúcar 78%. Son, sin embargo, sólo estimaciones. (Quintero *op. cit.*).

La biotecnología y sus aplicaciones en México

Antes se señaló que, aún cuando la mayoría de las investigaciones que se realizan en el área biotecnológica en México sean repeticiones de experimentos que ya se han realizado en otros países cuyos avances son más claros y definidos, existen algunos proyectos que se desarrollan en conjunto con institutos y universidades de distintos países y los objetivos que se persiguen son de interés mutuo, por lo que los costos de las investigaciones son absorbidos también en común por las instituciones convenientes.

La biotecnología vegetal en México está a cargo, en su práctica, de varias instituciones de enseñanza superior entre las que se puede señalar con mayor participación al Instituto Politécnico Nacional que desarrolla biotecnología vegetal en las instalaciones del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados Unidad Irapuato (CINVESTAV-I); la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM) con su Instituto de Biotecnología ubicado en Cuernavaca, Mor.; la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa (UAM-I) en su Departamento de Biotecnología; el Colegio de Postgraduados (CP); el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); la Universidad Autónoma Chapingo (UACH); la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la Universidad de Baja California Norte en La Paz (UABCS) y el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY).

Con lo que se refiere a mejoramiento genético de plantas participan:

- El Laboratorio de Biotecnología y el Laboratorio de Embriogénesis del CP
- El Laboratorio del Cultivo de Tejidos de la UACH
- El Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la UAAAN
- La Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
- El CINVESTAV Irapuato -con ingeniería genética-
- El Departamento de Biología Experimental y Aplicada (CIB de la Paz, B.C.S)
- La División de Biología Vegetal del CICY

- El Laboratorio de Cultivo de Tejidos en el Centro Agrícola Experimental (CAE) de Zacatepec, INIFAP
- El Laboratorio de Cruzamientos Amplios de Trigo y Maíz del CIMMYT (Arroyo y Waissbluth, 1988; Sepúlveda, 1992)

Investigación con flores y plantas ornamentales:

Instituciones oficiales

Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Zaragoza; el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Instituto de Biología de la UNAM; Fito INIA; el Departamento de Botánica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, CICY; CAE-Zacatepec y CONAFRUT

Empresas privadas (revisar el anexo No. 1, donde se detalla y actualiza este dato)

Biogenética Mexicana; Mexicana de Propagación-Micro; Departamento de Floricultura; CONAFRUT, Centro de Micropropagación y PROTIMBOS

Micropropagación de árboles frutales

Cítricos: Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma de Sinaloa, CAE-Z y CAE General Terán.

Papaya y Aguacate: Laboratorio de Embriogénesis y Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Colegio de Posgraduados y CONAFRUT.

Guayaba y durazno: CAE-Pabellón.

Vid: CAE-Pabellón y CAE Laguna.

Agave: UACH; CICY; Tequila Cuervo y Centro de Micropropagación de Oaxaca.

Forestales: CP; tres tipos de pinos, cedro rojo y especies tropicales.

Micropropagación de especies hortícolas: UAAAN; CP -nopal-

Apio, en Biofísica ENCB, también forrajes, alfalfa en Biofísica del ENCB y CIATES halófitas (Arroyo y Waissbluth, 1988; Sepúlveda, 1992).

En el área de metabolitos secundarios

ENEP-Zaragoza con *Digitalis purpurea*

En el CICY con *Catharantus roseus*

En el CINVESTAV Centro e Irapuato con *Capsicum*

En Biofísica de la escuela Nacional de Biología con *Dioscorea composita* y

Solanum elongifolium.

Todos los proyectos señalados intentan producir metabolitos secundarios de uso médico por biosíntesis de sustancias. Muchos de ellos aún en 1993 cuando se realizó esta encuesta, continuaban con la investigación. El CICY, por ejemplo, en enero de 1995 aún mantenía vigente el proyecto de *Catharantus*, aunque todavía se encontraba en fase de laboratorio, las posibilidades de aplicación industrial estaban prácticamente en condiciones de oferta para la industria farmacéutica. (Información proporcionada por el Dr. Manuel R Robert, Director del CICY, 1995).

Para granos básicos como maíz, trigo, frijol y arroz se trabaja en seis unidades; una de ellas es el Instituto de Biotecnología de la UNAM, pero el resultado de sus trabajos es todavía incipiente. En el CIMMYT donde después de dos años de explorar incesantemente el ADN de plantas de maíz tropical, han localizado -sus genetistas- varias regiones cromosómicas que controlan la resistencia al barrenador del suroeste y en este proceso han generado ya el primer mapa genético de maíz tropical. Adicionalmente, con las cruas desarrolladas en el CIMMYT, mediante las cuales "...eliminan, cambian o agregan ciertos genes que se sabe producen determinado efecto en la planta ... son empleadas para obtener nuevas variedades de semillas con un renovado contenido genético enriquecido por la crua del genoma de dos especies distintas. Este programa incorpora especies silvestres , lo que un programa de mejoramiento genético tradicional no puede hacer..." (Aguilar, 1994:35).

Por su parte el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología -ahora **Instituto de Biotecnología**- mantiene en desarrollo algunas líneas de investigación de importancia agronómica como son las siguientes: Biología molecular y bioquímica de bacterias, en estos proyectos se persigue el aislamiento, caracterización, manipulación y regulación de los genes de *Escherichia coli* y otros microorganismos que tienen que ver con la posibilidad de brindarle a las plantas la capacidad de fijar el nitrógeno del ambiente, mediante la asociación con bacterias como *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli*. (Informe CIIGB-IBT, 1993).

La investigación agrupa varios proyectos que buscan, mediante la biotecnología encontrar mecanismos moleculares en las plantas que están relacionados con la

adaptación de éstas a distintas circunstancias ambientales como déficit de agua, salinidad, temperaturas altas, etc. Utilizan para este propósito plantas que funcionan como modelos experimentales: *Phaseolus vulgaris* y *Arabidopsis thaliana*. (Informe CIIGB-IBT, 1993)

El programa de hormonas reguladoras del balance hídrico de las plantas y la caracterización de los genes involucrados en ese proceso. En este departamento se realizan trabajos con maíz y frijol por su importancia en el consumo alimenticio nacional.

En cultivo de tejidos hay proyectos como los siguientes:

Desarrollo de técnicas de micropropagación con el fin de obtener plantas libres de virus, semillas con mayor vigor y productividad.

Con frijol, la regeneración de plantas mediante explantes con el uso de *Agrobacterium tumefaciens* como vehículo para la selección y el aislamiento de plantas transformadas de frijol. (Informe *op. cit.*).

Genética y Biología Molecular de la Interacción Microorganismo-Planta e Interacción Planta-Patógeno.

Estos trabajos pretenden definir con rigurosidad la participación recíproca entre microorganismos y plantas en los procesos de fijación de nitrógeno ambiental en plantas no leguminosas y también buscando la relación entre microorganismos que fabrican naturalmente insecticidas.

Desarrollo y Consolidación Metodológica en Biología Molecular.

Por el hecho de que existe una gran cantidad de vectores que pueden ayudar en la manipulación genética y expresión del ADN y por la tradición investigativa del Instituto de Biología Molecular se realizan trabajos con la intención de modificar genéticamente bacterias, principalmente de *E. coli* para introducirles una capacidad superior de reproducción. Aquí está involucrada la manipulación del ADN recombinante, es ingeniería genética de alto nivel.

Microbiología Industrial.

En estos programas se trabaja en la caracterización y manipulación genética de cepas de *Bacillus thuringiensis* para la producción de bioinsecticidas. El avance de los proyectos señala la posibilidad de aplicar estos controles de insectos sin las repercusiones ambientales que se ven hoy.

Dentro de esta línea de investigación también se trabaja con microorganismos que tengan la capacidad de degradar toxinas del ambiente y de aguas residuales o de desecho.

En cuanto a resultados de investigación de la UNAM que tengan aplicación directa en la industria, hasta 1995, se habían desarrollado y transferido 11 tecnologías a empresas mexicanas, pero ninguna de éstas se refiere a beneficios concretos de la biotecnología vegetal en el país. Algunas de ellas más bien tienen relación con procesos y productos para el sector farmacéutico. Así, las biotecnologías en el país no han arrojado resultados, aún, que redunden en el cumplimiento de alguna de las expectativas que se les han estado atribuyendo.

Parece que la realidad nacional reporta algunas necesidades específicas que todavía hoy la biotecnología no ha podido satisfacer, y de seguir en la línea que se encuentran actualmente funcionando las investigaciones y la definición de áreas de investigación de acuerdo con los criterios actuales, difícilmente se podrá modificar esa realidad. Se requiere sin embargo ajustar los proyectos a la realidad que impera hoy día:

Insuficiente producción de granos básicos para satisfacer las demandas actuales

Insuficiente producción de otros alimentos prioritarios: lácteos, aceites, grasas vegetales, pescado.

Insuficiente producción de alimentos para ganado

Producción insuficiente de celulosa y papel

Caída de los precios internacionales de las exportaciones: cacao y azúcar (Arroyo y Waissbluth, 1988; Mendoza, 1994).

Por otro lado, si revisamos las investigaciones y su orientación podremos darnos cuenta de la difícil situación en que se encuentra el país si pretende resolver sus problemas en el agro a través de la biotecnología. Evidentemente no hay una relación entre lo que se investiga, en la definición de las líneas de investigación, con la problemática nacional.

Los países industriales se transforman día a día, una evidencia de ello es que han buscado vías para satisfacer sus necesidades de importación de materias primas -la síntesis de *aspartame* por vía biotecnológica disminuye la importación o dependencia de azúcar de otros países-. Para ellos la biotecnología sí ha representado un factor

coadyuvante en la solución de sus problemas, resuelven haciendo valer sus adelantos en ciencia porque se planifica en el sentido de las necesidades del mercado y tal vez también porque dependen de sus propias fuerzas financieras.

México y su biotecnología al parecer tendrán que encaminar sus pasos hacia la consecución de metas distintas de las que actualmente se persiguen. Ya no se trata de estar al corriente de la investigación internacional solamente para no quedar a la zaga sino de pensar en problemas concretos: la biotecnología podría resolver situaciones diversas que no están siendo consideradas actualmente en las líneas de investigación que se desarrollan; la biotecnología podría lograr: a) una mejor conservación de los recursos naturales renovables, los disponibles y los no aprovechados y evitar la destrucción de áreas importantes del país; b) una mayor producción de granos básicos, leche y aceites vegetales indispensables ... hoy deficitarios y, c) un mejor aprovechamiento de los subproductos agrícolas y agroindustriales en buena medida despilfarrados (esquilmos agrícolas, subproductos de la industria azucarera, molinera, maderera)...” (Arroyo y Waissbluth, 1988; Mendoza, 1994; Spelman, 1994)

En el caso de México, la investigación se debe orientar a corregir los problemas que aquejan a la agricultura y a la producción de alimentos; los esfuerzos enfocados a través de políticas nacionales de investigación, podría contribuir a resolver los problemas que representa un sector campesino depauperado al máximo y con productividades mínimas, una creciente demanda de granos de importación y otros productos con valor agregado, una dependencia cada vez mayor de la producción de semillas mejoradas producidas por transnacionales. Estos son sólo algunos de los problemas que se pueden señalar y susceptibles de superar mediante la biotecnología. No necesariamente con técnicas de ingeniería genética, el cultivo de tejidos puede ofrecer alternativas adecuadas a la situación de países en desarrollo como México.

Hasta 1997 se habían transformado genéticamente una considerable cantidad de cultivos que se presentan en el cuadro siguiente para complemento informativo:

Cultivo	Tipo de modificación
Algodón*	Resistencia a insectos
Algodón*	Tolerancia a herbicidas

Tomate*	Maduración retardada
Alfalfa	Gen marcador
Algodón	Tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos
Arroz	Gen SPS
Calabacita	Resistencia a virus
Canola	Elevación del contenido de ácido láurico
Chile	Maduración retardada
Maíz	Resistencia a insectos
Maíz	Tolerancia a herbicidas
Maíz	Resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas
Melón	Resistencia a virus
Papaya	Resistencia a virus
Papa	Resistencia a virus
Piña	Maduración retardada
Plátano	Maduración retardada
Soya	Tolerancia a herbicidas
Tabaco	Tolerancia a herbicidas
Tomate	Resistencia a insectos
Tomate	Resistencia a virus

* Estos cultivos están en etapa precomercial

Fuente Clive James: Global Status of Transgenic Crops in 1997. ISAAA, No. 5-1997 y Datos de 1998 de Sanidad Vegetal, SAGAR en México. (Gálvez y Larson, 1999:9)

La lista del cuadro muestra que no se intenta resolver la problemática agrícola nacional; un ejemplo claro es que en el caso de maíz, cultivo por excelencia importante para México, que es motivo de mayor experimentación en el CIMMYT que en laboratorios nacionales y los objetivos de esa investigación -el manejo con *Bacillus thuringiensis*- excluyen los problemas con gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) una plaga común en México. Una experiencia semejante se plantea con algodón donde al igual que el maíz es un cultivo susceptible a varias plagas y las aportaciones de la biotecnología hasta ahora tienden a resolver una mínima proporción del problema (Gálvez, 1999:12).

Por otra parte, si los hechos nos muestran que el país todavía no está preparado para utilizar las biotecnologías en función de sus necesidades y se continúa por la vía conocida hasta ahora, podrían agravarse las amenazas para México (Arroyo y Weissbluth, 1988; Sepúlveda, 1992), las mismas que se verían potenciadas en varios aspectos:

Oligopolización de los mercados de insumos agropecuarios por empresas transnacionales (y como ya se patentan plantas y animales, el control de estas empresas tiene posibilidades aún mayores).

Como las biotecnologías de punta no favorecen la producción en pequeño, la polarización del sector se disparará aún más.

Las biotecnologías están orientadas a facilitar la modernización en el campo, y esto puede conducir a niveles de desempleo rural importantes.

Puede contribuir al empobrecimiento de los productores rurales destinados a producir persistentemente cultivos básicos sin la ayuda de estos avances y sin recursos propios

La sustitución en los mercados internacionales de materias primas a través de la biotecnología ya colapsó el precio del azúcar y esto puede extenderse todavía más -café, cacao, camarón y los sabores producidos artificialmente-.

Si se extiende el uso de variedades mejoradas, se tenderá al empobreciendo del germoplasma natural y, por si esto no fuera suficiente

México ha sido lugar de prueba de varias plantas transgénicas -tomate, algodón, alfalfa, arroz, entre muchas otras y flores transgénicas, el jitomate se produce comercialmente y el algodón está en etapa precomercial (Gálvez, 1999; Ladrón de Guevara, 1999) así como algunos microorganismos y probablemente no pasará mucho tiempo en que lo sea de animales modificados genéticamente.

Las consecuencias ecológicas lamentablemente si ocurren no será posible precisarlas con exactitud ni establecer la responsabilidad correspondiente, porque mucho de las pruebas realizadas inicialmente en el país se especula que fueron hechas sin autorización (Monsanto, Calgene, Campbell's, comentario del Dr. Víctor Trujillo), ya que la normatividad en materia de biotecnología en México es reciente (inicia en 1988, pero se publica en el Diario Oficial hasta 1995), parece ser que es producto de la iniciativa de

los gobiernos convenientes con nuestro país en el Tratado Trilateral de Libre Comercio de América del Norte, firmado en 1994.

Como puede verse la biotecnología nos ofrece dos caras muy contrapuestas de una misma problemática; dentro del ámbito de lo social se han señalado algunos aspectos importantes de observar como producto de un desarrollo tecnológico no planeado, y de los cuales se desprenden versiones negativas. Muchas de las poblaciones naturales -silvestres- se enfrentarían competitivamente con variedades mejoradas, de no cuidarse la dispersión de los organismos transformados genéticamente. Del otro lado se prevee que existe una gran cantidad de debilidades entre los países en desarrollo, que podrían ser subsanadas con ayuda de la biotecnología y con políticas rectoras de Estado claras y definitorias del destino de ésta.

Sin embargo, muchos de los logros todavía no cristalizan, ni siquiera en los países líderes. Por ejemplo, hay estudios con algunas de las bacterias que existen normalmente en la naturaleza, mismas que si se utilizaran con técnicas de ingeniería genética, podrían incrementar las posibilidades de apoyo en varias áreas de la producción y la conservación del ambiente se vería favorablemente impactada “ Las ventajas que ofrece el uso de materiales derivados de la agricultura (ARM's) con la participación de microorganismos, provee de alternativas para dejar de pensar en la utilización de hidrocarburos, los cuales dejan el ambiente totalmente contaminado; por el contrario, los ARM's no producen efecto de invernadero porque el CO₂ liberado es reabsorbido por el proceso de fotosíntesis. Desde un enfoque político, utilizar los ARM's tiene importancia en aspectos de seguridad -para países dependientes de fuentes externas para obtener petróleo-, si hay problemas en el Golfo Pérsico, la tendencia de los precios varía, y ello no solo altera el mercado del crudo sino que afecta otros ambientes de la esfera social” (Spelman, 1994:78)

Una riqueza potencial aprovechable biotecnológicamente para reparar daños en el ecosistema puede darse mediante hechos descubiertos recientemente. Hay bacterias capaces de digerir sustancias muy tóxicas y transformarlas en moléculas inofensivas, se han utilizado por ejemplo colonias de bacterias para limpiar el océano de derramamientos de petróleo, otras bacterias enriquecen yacimientos minerales, adicionalmente se debe

recordar que hay microorganismos que aprovechan de manera natural la energía solar convirtiéndola en energía química con posibilidades de aprovecharse por el hombre; esto ya se practica en algunos lugares de los Estados Unidos.

Las nuevas tecnologías tienen un gran número de aplicaciones y potencialidades de las cuales México se encuentra todavía al margen, tanto en la investigación como en la aplicación industrial y está reconocido que podrían proveer de soluciones a la problemática nacional. Las necesidades que saltan a la vista son las siguientes: se requiere de regulación de la investigación externa e interna mediante normas precisas y con carácter de ley; la definición de políticas de investigación emanadas de órganos colegiados a nivel nacional y acordes con las necesidades que el país enfrenta en los ámbitos productivo, biológico y social y; desarrollar un proceso de concientización entre los investigadores que conduzca a un ejercicio del científico más comprometido con su país.

CAPÍTULO II. PARTICIPACIÓN DE LAS TRANSNACIONALES DE LA AGRICULTURA EN LA PRODUCCIÓN E INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICA AGRÍCOLA EN MÉXICO

Presencia de las transnacionales en México

Las transnacionales de la agricultura en México tienen un papel muy importante en el desarrollo de la biotecnología tanto en aspectos de investigación como en la producción de innovaciones que se comercializan actualmente en todo el mundo. Gran parte de la biotecnología de cuarta generación es objeto de trabajo de empresas con capital transnacional y las pruebas de sus experimentos han sido realizadas principalmente en países donde no existe legislación precisa para esta actividad; México y varios otros países de Latinoamérica han sido lugares de prueba. La influencia de las transnacionales rebasa esos ámbitos y se ubica también dentro de la competencia comercial, ofertando productos patentados que difícilmente pueden producirse y obtenerse masivamente en los países en desarrollo. En el presente capítulo se analiza esta situación por la relación complementaria que exhibe esta problemática con la problemática general de la biotecnología en este país

Con el advenimiento de los sistemas de patentes se ha generado un número considerable de problemas en torno a la interpretación que se les da a éstas y a sus consecuencias para el mundo subdesarrollado. Se piensa que el funcionamiento de sistemas de patentes para inventos biológicos puede acarrear problemas para países que no desarrollan nuevas variedades, plantas, microorganismos o especies -los países ubicados al sur del mundo- porque es bien sabido que al no producir sus propios avances en biotecnología están a merced de la oferta que hagan los países creadores de productos biotecnológicos nuevos. La mayor parte de los adelantos en el área están dirigidos a mejorar la calidad, rendimiento y productividad de plantas de interés comercial mundial.

Si bien es cierto que los países en desarrollo dependen más de especies que se producen biológicamente, también es un hecho que lo hacen con muy pocas ventajas en el aspecto comercial, sobre todo si se los compara con países que introducen tecnología avanzada.

Los promotores de la legalización y establecimiento de sistemas de propiedad intelectual de las innovaciones biotecnológicas, son precisamente los países desarrollados porque de esa manera garantizan la propiedad sobre especies modificadas de interés agrícola mundial. Empero este movimiento en los países industriales, se señala que no lleva la intención de establecer ventajas sobre los países del Hemisferio Sur porque éstos no representan un mercado potencial fuerte para los productos obtenidos mediante técnicas moleculares. Puede ser cierto en algún sentido, ya que los costos de dichos productos sí pueden marginar a países pobres en oportunidad de adquirir las tecnologías de punta producidas por ellos. Sin embargo, la historia ha mostrado que la intención por regular no protege precisamente los intereses de los consumidores.

A este respecto, existen hechos que contribuyen a gestar dudas respecto a la intención de los organismos internacionales; para la Región de América Latina han propiciado la integración de instancias que contribuyen a regular lo relacionado con patentes, entre los cuales están OEA, ONUDI, FAO, e inclusive, los Centros Internacionales de Investigación Agrícola (CIIA). Surge la duda porque los productores de innovaciones no se encuentran entre países de la Región, podría pensarse que la intención es empezar a sentar las bases para que las transnacionales de la agricultura operen en el futuro con mayor seguridad y ventajas en la comercialización de sus productos.

Adicionalmente, se sabe que Estados Unidos y las corporaciones que derivan del sistema económico estadounidense, no se sujetan a los acuerdos que se toman en organismos internacionales; esto es un elemento más para poner en tela de juicio la efectividad de las instancias que pretenden regular la investigación biotecnológica, el registro de la propiedad intelectual en las diversas manifestaciones y el comercio de productos biotecnológicos. Las implicaciones del sistema de patentes es de alcances insospechados porque en muy corto tiempo se habrán patentado prácticamente todas las variedades nuevas de interés alimenticio y económico mundial, por un número reducido

de compañías. Es preciso agregar a ello que la hegemonía estadounidense en investigación es la de mayor relevancia en diversos ámbitos del conocimiento, como resultado de la orientación en sus inversiones. El presupuesto para la innovación biotecnológica de sólo alguna de sus compañías es el equivalente total nacional asignado a la investigación biotecnológica de muchos países del Sur.

En el mismo sentido, los límites para definir una nueva variedad dentro del sistema de patentes han sido interpretados de diversas maneras dependiendo de la conveniencia, inclusive violando acuerdos de la Unión para la Protección de Nuevas Variedades Vegetales (UPOV). Un ejemplo de esta situación es que se acordó no patentar plantas obtenidas por mejora convencional, sólo las modificadas por ingeniería genética, pero en EE.UU. se otorgan patentes sobre variedades vegetales producidas por mejora convencional: "De manera creciente se están otorgando en EE.UU. patentes sobre plantas sólo con nuevas características" (Crucible Group, 1994:97) Es por ello dudosa la capacidad de los organismos internacionales para mantener dentro de ciertos límites la producción, patentamiento y el comercio de las innovaciones.

Hay experiencias en solicitudes de patentes en EE.UU. que rebasan los límites éticos de la nación más liberal "...el Instituto Nacional de Salud (INS) de Estados Unidos, solicitó una patente sobre 2851 genes y fragmentos de ADN asociados al cerebro humano ... el INS desafió las interpretaciones convencionales de los conceptos básicos sobre propiedad intelectual que son de la "fase inventiva" y la de "utilidad". (Crucible Group *op. cit.*). Si este ejemplo, que puede ser el más extremo de los que sobre patentes se conoce, fue rechazado por la Oficina de Patentes y Registros de Estados Unidos, no quiere decir que pueda sostenerse en una decisión a largo plazo, porque esa es sólo una vía, camino que se seguirá para incluir en propiedad intelectual y su control monopólico los genes más importantes para el desarrollo de cultivos alimentarios; esto es más grave todavía si recordamos que la humanidad depende de aproximadamente 20 cultivos que le proporcionan el suministro alimenticio total para su subsistencia (Crucible Group *op. cit.*) Con los recursos y capacidad de manejo político de ese país, el futuro de la biotecnología en su propiedad no está lejos.

La continuidad de esta actitud está a cargo de sus corporaciones, con filiales en

gran parte de los países en desarrollo con lo cual se generan expectativas desconocidas: en abril de 1994 INCYTE, una pequeña empresa norteamericana reveló que ha seguido el camino del INS y solicitado patentes sobre 40 000 genes humanos y fragmentos de ADN y declarado además que lucharía agresivamente por defender su solicitud (Fox citado por Crucible Group 1995:8) Al parecer esto es sólo el principio.

Revisando la mayor parte de legislaciones en el mundo, no pueden patentarse genes naturales, pero esto no es aplicable a genes resultantes de la ingeniería genética, la patente sobre un gen significa que la patente no se solicita por el gen mismo, sino por el gen aislado de su medio natural y por los productos que contienen y contendrán en lo futuro a dicho gen (Crucible Group *op. cit.*). Se parte del hecho de que un gen, aunque sea de un organismo natural, en la medida que fue obtenido mediante un proceso de manipulación humana, ya no es “tan natural”, (Ibidem) lo cual abre el compás hacia posibilidades de patentar genes naturales.

El Crucible Group establece la diferencia señalando criterios para patentes que dependen de dos características. Las patentes están garantizadas para inventos, no para descubrimientos porque si se descubre algo solamente es un conocimiento nuevo lo que se logra y que ya existía en la naturaleza, pero un invento es un producto o proceso nuevo, no existente en la naturaleza. Sin embargo, un nuevo conocimiento puede conducir a generar un nuevo producto y éste desde luego tiene la posibilidad de patentarse. Al descubrirse un nuevo gen, su constitución, secuencia de sus bases, etc. se catalogará como nuevo conocimiento, pero con ese gen pueden producir organismos o plantas que tengan características novedosas y sean en sí nuevos en la naturaleza, esto permite su patentamiento. Es decir, que está permitido prácticamente todo en las normas de patentes, e inclusive el gen aislado de su medio natural podrá ser objeto de comercio si a los obtentores conviene más comercialarlo como producto que obtener otros productos a través de él. Y como la patente es tan abarcativa, lleva inexorablemente al patentamiento de los mecanismos de la herencia como una posibilidad para todas las especies vivas.

Respecto del registro de propiedad intelectual hay organismos que están encargados de la legalización de la propiedad para nuevas variedades. El más reconocido es la Unión para la Protección Obtentora de Variedades Vegetales, que fue la primera

experiencia en esta área, aunque también existen otras como es el acuerdo logrado en las negociaciones del GATT, lo que sugiere criterios generales comerciales particularmente para semillas, como el registro de variedades nuevas pero encaminadas a satisfacer acuerdos comerciales como el de Propiedad Intelectual Relacionada al Comercio (GATT-PIRC). Para el caso de plantas que no cubrieron los requisitos que impone la UPOV, en la definición de criterio sobre novedad de la planta en cuestión, existe la alternativa de PIRC que es más liberal como en el caso de nuevas células vegetales que contengan ADN transformado por fusión celular o cultivo de tejidos, lo cual sólo se permite en Europa y Estados Unidos, pero de acuerdo con los lineamientos de PIRC podrían ser patentadas las células vegetales transferidas mediante las vías señaladas, en otros países.

El Sistema Internacional de Patentes, ha acomodado sus lineamientos de acuerdo con la cambiante realidad que provee un mundo globalizado donde la presión que ejercen los países con un mayor poder económico y político se ajusta por diversos mecanismos a las necesidades de intercambio comercial internacional. Así es que poco a poco han ido cayendo las barreras que impedían patentar materia viva; en 1994 se aprobaron otras patentes, ahora sobre “especies”, esta vez sobre un cultivo alimentario, la soya. Fue la Oficina de Patentes Europea quien la otorgó a una compañía subsidiaria de la multinacional W.R. Grace Co., que también posee la patente de algodón y tiene patentes pendientes sobre arroz, maíz, frijol y maníes (Rafi en Crucible Group, 1995:9).

Ante esta situación, los países no desarrollados, entre ellos México, muy pronto tendrán que comprar ya sea los genes para integrar y/o mejorar algunos cultivos, las semillas transformadas genéticamente, o los productos transgénicos que las numerosas compañías trasnacionales en el país le ofrezcan.

Muchos países del Hemisferio Sur no eran signatarios de la UPOV hasta 1995, por tal motivo se han visto obligados a desarrollar sus propios mecanismos de patentamiento, sus leyes sobre innovaciones industriales o leyes sobre la propiedad intelectual de manera general y, aunque ya existían antes del proceso de adhesión comercial del GATT en 1982.

Con el TTLC en 1994, las presiones ejercidas por los países involucrados, generaron un mecanismo de registro de la propiedad intelectual a través de patentes que

se estableció como condición previa a la firma del Tratado; EUA protegía las innovaciones y en general la participación de corporaciones con capital estadounidense asentados en México.

Según Solleiro (1994:20) en 1991, mediante la aprobación de la Nueva Ley de Fomento y Protección de la Propiedad Industrial, México avanzó hacia la protección de diversas innovaciones tecnológicas y, al mismo tiempo, liberó totalmente el comercio de tecnología al derogar la Ley sobre el Registro y Control de la Transferencia de Tecnología y el Uso y Explotación de Patentes y Marcas; no se hicieron las consultas con los sectores interesados, como en el pasado, se obedeció a presiones políticas estadounidenses solamente.

Con esta ley cayeron los preceptos para los que fue concebido el Sistema Nacional de Investigadores donde se considera a sus adelantos como un bien público. Recientemente se han dado cambios importantes de considerar en esta materia, que se manifiestan en la nueva Legislación Sobre Propiedad Industrial e Inversiones Extranjeras, publicada el 26 de diciembre de 1997.

Capítulo II. De las Patentes

“Art. 15. Se considera invención toda creación humana que permita transformar la materia o la energía que existe en la naturaleza, para su aprovechamiento por el hombre y satisfacer sus necesidades concretas.”

Esta Ley otorga la posibilidad de patentar:

“Art. 16. Serán patentables las invenciones que sean nuevas, resultado de una actividad inventiva y susceptibles de aplicación industrial, en los términos de esta Ley, excepto:

I. Los procesos esencialmente biológicos para la producción, reproducción y propagación de plantas y animales;

II. El material biológico y genético tal como se encuentran en la naturaleza;

III. Las razas animales;

IV. El cuerpo humano y las partes vivas que lo componen y;

V. Las variedades vegetales”

Esta Ley deroga a la de 1991 que expresaba en su artículo 20:

a) Serán patentables las variedades vegetales

b) microorganismos y los productos resultantes, bacterias, algas, hongos, virus, micoplasmas, protozoarios y en general células que no se reproduzcan sexualmente.

c) Procesos biotecnológicos de obtención de fármacos químicos, bebidas, medicamentos y alimentos para consumo humano y animal, utilizando plaguicidas, fungicidas, o productos con actividad biológica.

Aunque en la Ley de 1997 se cancela la posibilidad de patentar incluso variedades, se recibieron solicitudes de propiedad sobre variedades y fueron analizadas por expertos del Instituto encargado de estas tareas, hasta en tanto este decreto que establece la imposibilidad de patentamiento de variedades así como de procesos esencialmente biológicos apareciera -apartado I de la Ley-. El último punto (V), sí representa una nueva actitud ante la problemática de la biotecnología, porque deja sin recurso legal a las transnacionales que desarrollan con mayor velocidad productos y tienen ventaja sobre los procesos.

Parece pertinente revisar las patentes que ya se habían legalizado antes de la aparición de esta Ley.

Por lo menos hasta 1994, en América Latina y en varios países de la Región, las formas de registro y protección de la propiedad intelectual fueron: "a) las patentes de invención; b) los secretos comerciales; c) los derechos sobre variedades vegetales y d) certificados de invención o de inventor" (Solleiro, 1994:115). Aparentemente, estas estrategias de protección mediante patentes podrían funcionar como incentivos tanto a la investigación cuanto a la producción de variedades que tengan un beneficio general pero, según el mismo autor, no fueron cubiertas satisfactoriamente estas expectativas.

En unos cuantos países de la región latinoamericana no eran patentables algunas sustancias naturales cuyos usos o aplicaciones impliquen variedades de microorganismos, como ocurre ahora en México, en este caso está Brasil. Esto excluye la posibilidad de obtener patente para muchos productos biotecnológicos. En México, no son patentables variedades vegetales ni animales, ni los procedimientos esencialmente biológicos para obtener químicos, agroquímicos, farmacoquímicos ni procedimientos genéticos para

obtener especies vegetales y animales.

Lo que todavía no queda claro es el uso de germoplasma para la producción de productos biotecnológicos, que actualmente desarrollan los países avanzados y que usan como base el germoplasma originario de países de América Latina, Asia y África, lo que implica que al desarrollarles mayor productividad o resistencia a diversos factores como estrés o plagas, mediante técnicas biotecnológicas les confiere ventajas muy grandes en el mercado; esto coloca a los países señalados en una posición de evidente desventaja. Los productores subdesarrollados, para poder competir con productos mejorados biotecnológicamente tendrán que generar sus adelantos biotecnológicos, o no estarán en condiciones de ingresar al mercado.

Adicionalmente, el germoplasma utilizado en procesos de mejoramiento genético es totalmente gratuito, accesible a las compañías transnacionales sin que tengan que retribuir a los poseedores y para agregar más, lo que pudiera servir como estímulo -que en efecto no lo ha sido- para promover la creatividad de los investigadores nacionales oficiales o privados, ello se ve impedido de serlo por la reglamentación que se abrió en 1997.

Por lo anterior, el tema de las patentes se vuelve central en el caso de la biotecnología. Con la fuerte presión de la iniciativa privada se requiere proteger los resultados de nuevos productos genéticos para garantizar una rentabilidad e incentivos y seguir con sus inversiones. De ahí la preocupación de desarrollar el sistema de patentes. Entre esta problemática la propiedad de los recursos genéticos cobra importancia porque a medida que se privatizan, la humanidad pierde control sobre la naturaleza y la tendencia de los países desarrollados es la de consolidar las legislaciones que privatizan plantas, animales y microorganismos.

Como consecuencia, los fabricantes nacionales de medicamentos y agroquímicos tienen serios problemas para fabricar sin licencia los nuevos insumos que se desarrollen internacionalmente, o bien deberán pagar las regalías incrementando los precios, hecho que hace más incosteable la producción agrícola nacional.

Se observa así que las presiones por establecer normas para patentar vegetales y animales obtenidos por vía biotecnológica en los países latinoamericanos han ido en

aumento, lo cual tiene varios matices que considerar. Por un lado la necesidad de proteger sus adelantos tecnológicos con mecanismos legales que atraviesen las fronteras en los países industriales, por otro el patentamiento obligado en el campo biotecnológico, responde a la necesidad de la privatización del conocimiento que ha acompañado a la Revolución Tecnológica, la que lleva asociada una secrecía creciente respecto a la base de conocimiento sobre la cual podrán surgir futuros avances científico-técnicos (Solleiro *op. cit.*)

Estas presiones también tienen objetivos diferentes a los planteados y representan las desventajas que Latinoamérica enfrentará de realizarse ello.

- Las patentes restringirán el acceso de los países latinoamericanos a la biotecnología, beneficiando indirectamente a los productores transnacionales
- Las transnacionales fijarán precios, abasto y su monopolio se extenderá pues son los que pueden producir con mayores ventajas
- Las variedades de interés latino pueden quedar en manos de una sola empresa
- Limitaciones en el intercambio de conocimiento y de información científica
- Las patentes sobre semillas reforzarán el control sobre la agricultura mexicana
- Las empresas mexicanas tenderán a desaparecer por falta de capacidad competitiva, sobre todo las pecuarias y de alimentos
- Las tecnologías al alcance de México serán solo las maduras o a punto de declinar porque las estrategias no estarían a nuestro alcance y, finalmente
- La biotecnología, sobre todo la ingeniería genética está dominada por multinacionales. (Solleiro, 1992:118-121).

Lo que sí resulta grave, es que la biotecnología está reglamentada parcialmente en México, con lo que el medio ambiente y la salud humana están en serio riesgo con el ejercicio de esta actividad por corporaciones transnacionales, que precisamente han distribuido sus filiales en el interior de países donde no hay políticas, reglamentos ni estrategias definidas de acuerdo con sus necesidades, lo cual les proporciona un entorno más adecuado para su desarrollo.

El mercado y las empresas

El caso de las empresas de semillas es aleccionador para examinar la participación de las transnacionales de la agricultura en México, con la posibilidad de extrapolar los resultados del examen pues es el único caso que se promovió, mediante políticas definidas, la integración de una instancia oficial para producir las semillas que se sembrarían en el campo mexicano, estableciendo índices de calidad, naturaleza, costos, precios y destino. Esta instancia ha visto reducida su actividad y capacidad productiva instalada al mínimo y, de hecho ya no opera en la realidad. “Gracias a la contracción de PRONASE y la política de concentración en cultivos básicos (arroz, frijol, maíz y trigo), el sector privado y/o las empresas transnacionales predominan en cultivos como sorgo, soya, algodón, alfalfa, cártamo, frutales y hortalizas. Son también estas empresas quienes llevan a cabo la mayor parte de la investigación privada” (Solleiro, 1992:26-27).

Es elocuente el párrafo anterior donde se explicita el papel que juegan actualmente las empresas extranjeras en la producción de las semillas que se cultivan en el país. Se argumenta en torno de la contracción de PRONASE, que se debió a la falta de demanda de la semilla producida y que nunca fue reconocida como buena por el productor agrícola. El INIFAP ha desarrollado híbridos muy productivos de algunos cultivos de interés nacional y no se le resta importancia a su participación, solo que la avasalladora cantidad de productos que mueven las multinacionales, los cuales inclusive van unidos a un paquete de insumos; las semillas que venden y la garantía, que es muy alta en cuanto a productividad, germinación, calidad de la cosecha, época, etc., ha sido siempre superior en relación con lo que el país produce.

Existen datos de 38 empresas donde se afirma que han registrado 1718 variedades de maíz y de esa cantidad tan sólo el 5.2% se sembraría (58 híbridos y 33 de polinización abierta), del total de ese gran número registrado que era recomendado para siembra por SARH en 1992 a años atrás (Solleiro *op. cit.*). Esto puede dar idea de la cantidad y diferentes calidades de las semillas que circulan en el mercado, donde predominantemente son aceptadas las semillas de Pioneer, Northrup King, Asgrow y Dekalb, sobre todo en lo que compete al mercado de híbridos.

La presencia de las transnacionales en la agricultura nacional es histórica. Desde el

proceso de modernización de la agricultura promovido por la Revolución Verde no se había manifestado la influencia que tienen en la producción del país, por lo menos con un amplio reconocimiento. Desafortunada o afortunadamente el número de productos es cada vez mayor y más variada la oferta; con la biotecnología las fronteras dejan de existir y son más conocidos los productos extranjeros que los propios. La competencia se convierte en el objetivo más lejano para países como México.

La historia de las empresas transnacionales en México data de varias décadas, se reconocen aquellas que tienen años asentadas en el país con un giro agrícola predominante, pero con el paso del tiempo este giro se ha ido enriqueciendo y la cantidad de productos que generan son cada día más numerosos, las grandes han reafirmado su estatus, aunque a la par han ido apareciendo pequeñas compañías productoras de agrobiotecnologías, que invierten capitales muy significativos en el desarrollo de productos biotecnológicos concretos. Hay que reconocer que una gran parte de los logros actuales de la biotecnología son producto del trabajo que han realizado las empresas privadas en el mundo. En gran medida esta situación es debida al apoyo que los gobiernos de sus países de origen les proporcionan, mediante estímulos en la definición de políticas y algunos aportes financieros para la investigación prioritaria, a menudo traducidas en condonaciones fiscales.

Ejemplos de los logros biotecnológicos de las compañías multinacionales en cultivos de interés alimentario lo constituyen los siguientes casos:

- Plant Genetics- Multiplicación y mejoramiento de papa para aumentar contenido de sólidos y resistencia a enfermedades. Aspiran a manejar el mercado de semillas similarmente al de híbridos de maíz.
- DNA Plant Technology en convenio con Campbell's, desarrollaron tomates con mejor textura
- Firmenich-Suiza en el desarrollo de sabores y fragancias para la industria alimentaria
- Microgenesys, insecticidas virales que requieren solo unos cuantos gramos por hectárea para controlar plagas basadas en baculovirus.
- Amchem Products madura simultáneamente los tomates mediante el aditivo químico Ethrel, facilitando la cosecha mecanizada.

- Agrigenetics trabaja la clonación de semillas mejoradas y jojoba, también desarrolla trabajos sobre el contenido de aceites baratos para sustituir los costosos (manteca de cacao), además de continuar acciones de mejoramiento sobre tomate

(Fuente: Arroyo y Waissbluth, 1988:14-15; Mendoza; 1994).

Estos son sólo algunos ejemplos del papel que han jugado en el desarrollo de productos agrobiotecnológicos, pero en realidad la lista es mucho más grande, solo que se refiere ésta para señalar la importancia que ello representa para nuestro país.

Según datos de los mismos autores el desarrollo de la biotecnología en el mundo desarrollado ha sido producto de un favorable clima entre la industria y las universidades, el cual propicia que mucho de la investigación se realice mediante convenios entre empresas y universidades lo que coloca a éstos a la delantera por la coordinación de esfuerzos. En Estados Unidos esto se hace desde tiempo atrás: en 1986 se creó el Midwest Plant Biotechnology Consortium uniendo esfuerzos de 14 universidades y 31 empresas; Monsanto firmó un acuerdo de 235 millones de dólares con la Universidad de Washington (Arroyo y Waissbluth, 1988).

Esta situación da lugar a varias ventajas tanto para la industria como para las universidades que participan; los científicos producen más publicaciones con financiamiento que no corre a cargo de las universidades y las empresas obtienen resultados a costos inferiores porque utilizan la infraestructura de las universidades.

En México se vislumbra, por el mismo proceso de subdesarrollo y por el alto riesgo que presenta este tipo de inversiones, una desvinculación cada día superior entre industria y universidad. Tampoco tiene un futuro distinto la transferencia de tecnología que se produce en instituciones oficiales porque no hay vínculo entre los investigadores y sus productos con los usuarios de la tecnología; esto solamente es resultado de la situación de deterioro de la economía que se refleja en toda la actividad investigativa y desde luego en la productiva.

Con el panorama expuesto es lógico que la investigación biotecnológica seguirá siendo tanto en su desarrollo como en sus productos, por las ventajas ya señaladas, propiedad patentada o no, prerrogativa principalmente de las empresas multinacionales, quienes sí han visto el potencial que posee y los beneficios que pueden obtener de ella. En

un ambiente tan propicio y con el otorgamiento de todas las ventajas por parte del gobierno mexicano para su desarrollo, no pasará mucho tiempo para poder percatarse de la sumisión de los países de América Latina, México en particular -inclusive Asia y África- que estarán a merced de contratos totalmente desventajosos.

Está visto que la agricultura es lo más efectivo para manipular naciones políticamente, entre éstas las que no poseen un sistema alimentario independiente son las que están a la cabeza como más susceptibles de manipulación, más aún cuando su población va en aumento y su producción en decremento, países con estos problemas tendrán que incrementar sustancialmente la productividad de los cultivos que los sustentan, para poder adecuarse a la demanda de alimentos.

En suma, parece ser que si esta actividad sigue el curso reseñado y dejándolo al vaivén natural de las fuerzas del libre mercado habrá empresas que en el terreno de lo económico, de lo político y sobre todo de lo ecológico, tendrán consecuencias tan graves, que se vislumbra la necesidad de participación ya no solo del sector oficial, sino que la participación del público en general será indispensable para modificar el rumbo.

Hay en el mundo más de 500 compañías e institutos públicos dedicados a la investigación biotecnológica, particularmente en aspectos como incrementos a las cualidades de la productividad en cultivos de interés y el número aumenta porque la dominancia de la biotecnología es cada día más fuerte.

Si es un hecho ya que las multinacionales dominan el mercado de productos biotecnológicos y también el escenario de las patentes ¿cuál es entonces el camino que le queda a México? Creemos que el escenario está definido por los siguientes indicadores:

- No hay políticas de investigación surgidas del panorama de necesidades que orienten la investigación de los científicos
- No hay disposiciones claras que normen las aplicaciones de la biotecnología
- No hay capital dispuesto a ser invertido en cambios estratégicos y trascendentales

Y mientras nuestro gobierno siga la política de “sexenatos” además de la reducida visión de la problemática, parece difícil modificar el rumbo. Una muestra de ello es la política nacional a favor de disposiciones internacionales que benefician a países desarrollados hegemónicos y con una entrega absoluta a propuestas de Washington.

México tiene dos caminos en concreto: definir una estrategia clara para el desarrollo de la biotecnología; o decidir abiertamente enfrentar al país, a sus productores y a su población con un mercado biotecnológico totalmente de importación.

CAPÍTULO III. CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS EN LA PRÁCTICA DE LA BIOTECNOLOGÍA

Riesgos en la salud y el ambiente

En la perspectiva de diferenciar las posibilidades de riesgo que implica el desarrollo de la biotecnología a través de sus diversas técnicas -incluida por supuesto la ingeniería genética- se analiza el riesgo en términos proyectivos al interior de los ámbitos que conforman el mundo del ser humano: el de salud que compete a la esfera de la biología propiamente tal, que incluye el entorno natural o todo lo vivo en el planeta y al hombre mismo y; el que es producto de la interacción de los hombres en sociedad.

Es importante establecer en este apartado que el hecho de incluir un capítulo con este nombre no pretende descalificar los logros de la biotecnología en el ámbito nacional e internacional, sino la idea es resaltar la necesidad de un tratamiento distinto del que hasta ahora se ha venido presentando en ambos entornos -nacional e internacional-, el cual en la mayoría de los casos sólo exalta las ventajas pero no sienta las bases para consideraciones de tipo ético de índole científica y ciudadana. Por otra parte, el ser humano con las biotécnicas está en posibilidades de construir además de su historia también la de la naturaleza y las proyecciones de ello van hacia los destinos de las comunidades humanas en un futuro mediato.

Agregado a lo anterior es importante también señalar los puntos en torno a los supuestos que se han hecho de los riesgos que a futuro pudiera generar la biotecnología, o que inclusive está generando ya. Aún no cuentan con una base sólida que asegure en qué medida éstos serán una realidad. Se han realizado numerosas investigaciones principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, para valorar el efecto de los organismos modificados genéticamente (OMG) en el ambiente; de éstos en su relación con especies que filogenéticamente son cercanas, sobre todo con sus parientes silvestres,

y poco se ha hecho de investigación en relativo a las posibilidades de presentarse efectos negativos en los seres humanos, provocados por la ingesta de plantas transgénicas, de animales transgénicos transformados en el sentido de obtener mayor productividad, resistencia a diferentes tipos de estrés o bien aquellos a los que se les ha incorporado en su genoma la posibilidad de producir sustancias tóxicas como defensa contra algunos insectos o plagas que los ataquen.

Empero, se precisa dejar también claras las posibles consecuencias que se vislumbran en términos de los factores estrictamente biológicos que, en un proceso natural pueden conducir a efectos no previstos. Hasta la fecha no puede afirmarse -como tampoco negarse- que hay un margen de riesgo considerable en la liberación y uso de microorganismos y plantas modificadas genéticamente. Hay dos caminos para conocer los efectos que tendrá la modificación tan profunda de la naturaleza: uno de ellos es promover períodos de prueba y experimentación cuan largos puedan ser a efecto de dar un margen conveniente a la expresión de los efectos y consecuencias en la naturaleza humana y en general; el otro es iniciar procesos de investigación intensos utilizando a la propia biotecnología para tratar de conocer las consecuencias que sus productos tendrán en el futuro. Hasta ahora, hay que reconocer que todo son especulaciones, tanto las hay que están a favor, como las que están en contra de la aplicación de biotécnicas.

Riesgo de alteraciones al ambiente

La preocupación acerca de los riesgos que pudieran sobrevenir como resultado de liberar de manera intencional microorganismos, animales y plantas modificadas genéticamente en el ambiente es manifiesta principalmente en los países avanzados tecnológicamente; también en la región latinoamericana, por motivación de instancias internacionales que pretenden influir en la regulación para la liberación de estos organismos, han tenido lugar acciones en favor de la evaluación y prevención de los riesgos y, adicionalmente, ha habido actividad tendente a controlar o prever los riesgos que en el futuro la biotecnología pudiera aportar, por algunas naciones latinoamericanas de manera individual.

Sin embargo, hasta ahora, no hay investigaciones programadas para dilucidar en qué medida esos riesgos pueden ser efectivamente una realidad, sobre todo en países de

Latinoamérica; en aquellos donde la biotecnología es practicada como estrategia nacional, en los países del norte del hemisferio, sí hay experiencias de investigación que buscan avalar la postura de los grupos sociales que se oponen a la liberación de OMG. Ejemplo de ello son los trabajos realizados por Dale J.P.: *The impact of hybrids between genetically modified crop plants and their related species* (1993), donde establece que si los fenotipos entre las especies son muy similares, sobre todo entre malezas y cultivos, la maleza puede establecerse y luego ser muy difícil su control. Siguiendo el argumento de la evolución natural entre las malezas y el cultivo, resulta que el cultivo termina totalmente infestado, lo cual ha ocurrido en cultivos de avena y centeno. Éstos últimos tienen líneas genéticas que se originaron de las malezas de los cultivos de trigo y poseen líneas genéticas comunes. (Dale cita a Winkler, 1968).

Un dato importante relacionado con lo anterior: *Cirsium arvense*, *Cardus arvensis*, las compositae y convulvulaceae en EEUU son producto de introducción accidental de especies de plantas extranjeras, su difusión es acelerada y la competencia que se establece con los cultivos llega a constituir problemas serios. En Europa el girasol (*Helianthus annuus*), ambrosias comunes (*Ambrosia artemisiifolia*), son ejemplos de liberación no controlada de un genoma completo. Puede ser que la liberación de uno o varios genes con caracteres dirigidos repercuta también en sentido negativo.

Un ejemplo más de este tipo de investigaciones fue realizado en salmón transgénico, al cual le fue introducido un gen que evita el congelamiento de la sangre, mismo que fue aislado de los salmones que habitan mares muy fríos. Los resultados que obtuvieron aportaron datos en el sentido de que esos peces eran mucho más resistentes que los comunes y la tendencia fue que esta resistencia podría desbalancear las cadenas tróficas por desequilibrio entre predadores y presas. Otro dato interesante es que aún cuando se señala que este tipo de organismos contruidos con ingeniería genética, pueden presentar aislamiento reproductivo, no hay garantía ni método que asegure la esterilidad porque, hasta ahora, los conjuntos de genes que poseen cada uno de los individuos tienen la dotación completa del genoma. Se fabrican triploides, es el caso de ostiones, lo cual los hace también difíciles para la reproducción y al mismo tiempo aporta mayor contenido de carne, pero con las retrocruzas pueden hacerse de nuevo viables sexualmente.

(Community Nutrition Institute, 1995)

Las clases de riesgos que pueden preverse en los casos señalados, son tema de investigaciones adicionales, o como parte complementaria de la investigación biotecnológica, más aún porque los organismos modificados genéticamente son inéditos en la naturaleza y ello repercute en el desconocimiento de su comportamiento. El clima, el suelo y algunos otros factores ambientales pueden modificar sustancialmente, potenciar incluso, el comportamiento de los OMG. Reporta Greenpeace respecto de resultados negativos por el uso a gran escala de éstos: por ejemplo una bacteria que toma el nitrógeno de la atmósfera (*Bradyrhizobium japonica*), que crece en simbiosis con plantas leguminosas, fue modificada para mejorar su capacidad de fijación de nitrógeno y elevar así la fertilidad del suelo. Se realizaron experimentos con soya inoculada con esta bacteria. Al final de la cosecha se incineraron plantas y semillas y se aró el suelo. Se monitoreó el suelo durante algunos años después del experimento y se encontró que estas bacterias han competido con las poblaciones nativas, situación que no se había considerado. Inclusive al arar el suelo se dispersó la bacteria a zonas aledañas al sitio donde se realizó el experimento (Greenpeace México, 1999:52)

Un caso más es el de la siembra de colza modificada en Inglaterra. Debido a que se encontró un alto flujo genético en la variedad transgénica y las plantas silvestres, el Ministerio del Ambiente británico suspendió de inmediato las siembras y propuso una moratoria de tres años para cultivos transgénicos hasta obtener resultados de investigaciones de impacto de OMG en los ecosistemas; esto ocurrió en 1998. (Greenpeace México, 1999:52)

Aparentemente, los datos que reportan las investigaciones todavía no son elementos suficientes para identificar de forma precisa los riesgos y sus orígenes, pero sí son indicadores de que la situación no está totalmente definida y por lo mismo hay que conservar un margen de escepticismo en la aplicación de los OMG's. Hasta la fecha, las investigaciones sólo arrojan datos que se constituyen en elementos para continuarlas porque no hay nada concluyente, los resultados obtenidos en ellas obligan a seguir en el proceso de búsqueda. Sólo las proyecciones que el conocimiento biológico de la naturaleza puede aportar, son los elementos con que se cuenta para detener el proceso de

liberación de OMG de manera masificada así como su concurrencia en el mercado.

Hace falta en la investigación biotecnológica resolver cuestiones como, por ejemplo, caracterizar el gen no como tal sino desde sus antecedentes, el organismo del que fue aislado, si era o no patógeno, qué proteínas codifica y cuántas copias del gen son insertadas a la planta, cuál es el nivel de expresión, qué tan estable es ésta, el efecto del gen en el receptor, ver si puede el gen modificar el crecimiento o producir sustancias dañinas en las personas, la fauna o al ambiente en general. Para Dale (1993 *op. cit.*) la respuesta puede variar en cada nuevo gen. Analizar qué posibilidad tiene de ser transferida esa información y a través del polen -en plantas-, qué tan lejos puede viajar éste y promover una fertilización cruzada. El mismo caso del polen, cuál será su resistencia nativa y su poder de invasividad como cultivo, cómo reacciona ante ambientes diferentes..

No obstante las pobres aportaciones sobre la evaluación de los riesgos que pueden provenir de esta actividad y sus productos, se hace necesario exaltar algunos riesgos potenciales que se vislumbran desde el punto de vista de los mecanismos biológicos que gobiernan a los seres vivos implicados en esta actividad, los cuales podrían constituirse en verdaderos peligros para las especies que comparten el ecosistema mundial. Con el propósito de anteponer algunos elementos de juicio para el análisis de los riesgos potenciales, se ofrece la descripción de algunos microorganismos que, en el aspecto puramente biológico, pueden representar las posibilidades de riesgo señaladas.

Vectores

La utilización de vectores como los colibacilos (*Escherichia coli*), por ejemplo que son transformados para la producción de sustancias distintas de las que normalmente producen, en años recientes se reconocía que varios de los aspectos técnicos de los plásmidos no eran bien conocidos y sin embargo la utilización de éstos no se detuvo sino que siguió su curso en aras del desarrollo de la ciencia, anteponiéndolo a la seguridad del ser humano y del entorno que le rodea.

“Si bien se conoce la manera en que los colibacilos producen proteínas extrañas, no se sabe demasiado por qué algunas son producidas en forma normal y otras en forma anómala. Dicho con mayor precisión, no conocemos muy bien las reglas del plegamiento

normal en el espacio de una proteína; este es uno de los límites inesperados de la ingeniería genética aplicada a las producciones biotecnológicas” (Davies, 1993:1-5).

El tratamiento de varias técnicas implica el uso de vectores que conduzcan precisamente la información que se desea a un organismo determinado, es decir que funcionen como vehículos. Estos mecanismos todavía no están del todo controlados porque los vectores que se utilizan tienden a perder la información o a mezclarla con la propia y el efecto esperado de introducción de ésta en otro organismo a través de la introducción del vector, no se logra; las causas están todavía en espera de una respuesta. Los colibacilos, las levaduras y algunas células en suspensión, presentan algunas dificultades pero son reconocidos como los vectores más apropiados a varios fines. De hecho se busca en los vectores una serie de características que uno solo no cubre individualmente “un vector ideal: que sea estable, ... que una vez conteniendo el gen ajeno no lo pierda ni lo modifique ... que esté en número constante y elevado en cada célula ... que pueda multiplicarse en más de un tipo de huésped, que contenga genes mediante cuyos productos se pueda ejercer una acción eficaz sobre la célula que lo contenga como ... resistencia a antibióticos ... que permita una abundante producción de proteínas y lo más importante, que permita la secreción de la sustancia fuera de la célula...” (Davies, 1993 *op. cit.*)

Mutaciones

Las mutaciones efectivamente ocurren en la naturaleza sin la intervención del hombre, sin embargo la inducción de estos efectos de manera sistemática tiene repercusiones en las poblaciones futuras, porque la mutación se acumula en el genoma de los organismos descendientes. Esta actividad se ha convertido en una práctica común en los laboratorios con el uso de algunas sustancias -la colchicina por ejemplo- que induce a la transformación de genes que todavía no están bien identificados en sus efectos posteriores ni en la forma de contaminación de las poblaciones parentales. Se arguyen algunas ventajas por efecto de esta tarea “con la ayuda de agentes mutagénicos puede ser ampliada la diversidad que espontáneamente ofrece el cultivo ... creando así numerosas cepas más productivas. Por otra parte las propiedades de biosíntesis podrían mejorarse fusionando células complementarias o incluso transfiriendo genes interesantes...” (Dale,

1993:4), sin embargo debe meditar sobre los efectos que tendrían a futuro estas modificaciones y no continuar sin realizar investigaciones proyectivas para controlar todos los factores que influyen.

Animales producto de la biotecnología

Con respecto a los animales tratados biotecnológicamente se conocen reportes de algunas alteraciones en los consumidores de los mismos por efecto del incremento en los niveles de las hormonas que les fueron transferidas artificialmente. La producción de animales transgénicos está en marcha y un ejemplo de ello es el caso de las investigaciones realizadas en Chile, con un toro en el cual fue insertado el gene humano responsable de la producción de lactoferrina, lo cual ofrece una gran ventaja ya que de reproducirse esos toros, sus descendientes hembras proporcionarían la solución a miles de niños con deficiencia férrica. En Japón se produjeron mediante procesos de clonación 461 reses, y una cuarta parte de éstas salió al mercado para consumo humano a partir de 1992 (información obtenida a través de Noticieros Televisa s/f).

Otro caso similar es el de la borrega "Dolly" que fue reproducida también a través de técnicas de clonación; fue en febrero de 1997 que un equipo de científicos del Instituto Roslin de Edimburgo, Escocia difundió los resultados de sus experimentos con "Dolly", la oveja es una réplica exacta de su madre y no intervino ningún macho en su procreación. Sobre la temática reportan que se percibe una gran debilidad en la manada producto de varias clonaciones a enfermedades propias de la especie, hecho que obliga a un proceso reproductivo muy cuidadoso. Estas investigaciones tienen su referente original en países industriales donde la biotecnología es una actividad avanzada y son líderes en el campo. Dichos resultados ofrecen perspectivas de gran alcance porque se prescinde del espermatozoide y del óvulo como forma de reproducción única, se puede reprogramar la célula y regresarla a estadios anteriores; es decir la clonación ofrece perspectivas infinitas en la reproducción animal. (Barajas y Massieu, 1997:132) Simplemente con una célula de cualquier animal puede lograrse la reproducción; el riesgo: variabilidad genética inexistente y ésta es la base de la riqueza del planeta así como de su equilibrio.

De acuerdo con la definición de "clon" (del griego klon, retoño o tallo), se describe como una especie celular o serie de individuos pluricelulares nacidos de un solo proveedor de ADN y, por lo mismo, absolutamente homogéneos en su estructura genética, que son producto de una reproducción donde no intervienen células sexuales - mediante mitosis-, cuyo proceso impide la diferenciación y la evolución biológica. Las implicaciones producto de estos trabajos sobre especies animales y vegetales llevan a consecuencias previsibles en la homogeneidad de poblaciones y en términos biológicos el riesgo se centra en ir contra la naturaleza que desprende su riqueza y estabilidad de la biodiversidad.

De lo anterior se deriva que muchos de los reportes de logros en esta área de la biotecnología sean aún discutidos en países europeos donde se concentra una mayor participación de la sociedad civil y provoca poner en tela de juicio estos avances. Inclusive el reconocimiento por parte de los científicos refiere la inmadurez de estas técnicas todavía: "... la obtención de animales domésticos transgénicos está llena de trampas, en la mayoría de los casos apenas han rebasado el estadio de pruebas preliminares; el método basado en la microinyección de embriones presenta varios inconvenientes no se puede saber de antemano el número de copias de un gen dado que van a insertarse en el patrimonio genético del animal tratado. Este número varía de cero a cincuenta por célula. La inserción de estas células puede hacerse al azar, lo que a veces tiene como efecto inactivar ciertos genes de la célula huésped y el provocar algunas anomalías morfológicas más o menos graves" (Houdebine, L-M, 1988:788; Mahbub Haq ul, 1994).

Por otra parte, la misma autora señala que las inconveniencias pueden extenderse todavía más, pues no se sabe si los genes se expresarán convenientemente, pues la expresión de un gen depende del organismo tratado. Realmente es preciso rendirse ante la evidencia: el porcentaje de funcionamiento del gen extraño es totalmente imprevisible (un ejemplo claro de ello es el trabajo que se ha hecho con peces)... en peces el fragmento de ADN introducido en el citoplasma de los embriones de estos organismos es rápidamente replicado de 10-50 veces -por razones aún mal comprendidas- y el millón o la decena de millones de copias del gen inicialmente inyectado se convierten en decenas o centenas de

millones (Houdebine, *op. cit.*).

La evidencia parece ser clara, representa un serio riesgo multiplicar estas pruebas sin conocer las razones que influyen en el comportamiento de los animales tratados, la investigación sigue su rumbo y la respuesta habrá de encontrarse, por lo cual el riesgo verdadero no está definido ni en manos de quien se encuentre ésta y la manera en cómo se utilice.

De suyo los resultados que reportan son hasta ahora prometedores para la biotecnología en el terreno de los resultados experimentales, porque se ha podido llegar a comprobar que al menos el 20% de los peces al momento de la eclosión, son transgénicos. (Houdebine L-M *op. cit.*). Cabe hacer notar que puede existir paralelamente un riesgo en la medida de que se extienda la reproducción de peces transgénicos, y sean éstos liberados abriendo la posibilidad de retrocruzas de los transgénicos con individuos de sus líneas parentales.

Genes saltadores

Existen de manera natural en la información genética de algunas bacterias, de las levaduras, de las plantas y de los invertebrados principalmente genes denominados “saltadores o móviles”, también llamados “transposones”, y estos tienen algunas propiedades interesantes. Reporta la literatura que éstos pueden separarse espontáneamente del lugar donde se encuentran en el ADN de una célula para ir a reinsertarse en otro lugar. Aunado a lo anterior, es decir a la capacidad de movilidad de estos genes, aún se desconoce qué función cumplen, pero se cree que tuvieron o han tenido un papel importante en el proceso de evolución de las especies, pues contribuyen a modificar la estructura y el funcionamiento de los genes que encuentran en su proximidad (Houdebine L-M *op. cit.*).

A propósito de los genes saltadores o “transposones”, sería interesante pensar en que se afecte uno de estos genes en el proceso de microinyección -desde luego que sería accidentalmente- por la información genética que es inyectada y que alberga en su código, si tienen la facilidad de saltar de un gen a otro y afectar la estructura de los genes que encuentran a su alrededor, podemos preguntarnos ¿qué resultados se esperarían de la actividad de este gen dentro de un genoma cualquiera?. La garantía de los códigos

genéticos de cualquier especie quedaría en entredicho porque, de liberarse organismos, plantas o animales con estas características la herencia genética del ecosistema estaría en serios riesgos.

Por otro lado, los experimentos que se reportan hasta ahora con estos genes han sido desarrollados con la mosca de la fruta *Drosophyla melanogaster*, a la cual se le ha insertado un gen transposón al genoma original, mismo que manifiesta cierta estabilidad. Aunque estos experimentos han sido certeros porque el gen se inserta en sitios específicos del genomio, que ha resultado poco influenciado por el entorno cromosómico, sin embargo, no sucede así con los transposones naturales.

Retrovirus

Existe cierto número de virus animales los cuales tienen propiedades que los emparentan con los transposones. Estos, sin intervención externa, pueden infectar un organismo cualquiera, pues penetran en las células fácilmente como de ordinario ocurren las infecciones virales. Reportan como características especiales de éstos el hecho de que en lugar de ADN, tienen ARN, pero antes de infectar a las células animales convierten su ARN en ADN y penetran de manera espontánea y eficaz en las células, de modo que inyectan así en el genoma huésped su propio genoma alterando naturalmente las células donde penetran (Houdebine L-M *op. cit.*).

Se supone que los retrovirus han sido utilizados tradicionalmente por los biólogos como vectores de transporte de genes extraños a animales. Logran producir grandes cantidades del virus en forma de ADN, lo cual se hace clonándolo en bacterias, luego es introducido un gen extraño en el ADN vírico y este compuesto se hace penetrar en una célula huésped (Houdebine L-M *op. cit.*).

A riesgo de ser insistentes, se describe esto con la intención de ejemplificar los posibles riesgos en que se encuentra la humanidad y el ecosistema por un manejo inadecuado de estos logros. La biotecnología se ha convertido en un arma de doble filo, y no se trata de especular en la forma que se traducirían las consecuencias, tan sólo puede dejarse a la imaginación del lector la información para que ésta sea analizada individualmente, teniendo como marco un ambiente sin regulación precisa, sin autoridades comprometidas con su sociedad, libre mercado. y necesidades básicas

apremiantes como producción de alimento, entre otros.

Parece ser que los retrovirus tienen también efectos colaterales, sus características e inestabilidad provocan una serie de reacciones en los genomas infectados que se verán a continuación. Según Houdebine (*op. cit.*) resulta bastante frecuente que al ser insertados los retrovirus en un cromosoma, desencadenen la activación de genes próximos; estos genes que estaban en reposo antes de la inserción del retrovirus, pueden manifestarse cancerígenos o inducir la transformación cancerosa de la célula infectada. Algunos cánceres de los animales son el resultado de este tipo de mecanismos. Se reporta que son con frecuencia muy inestables, incluso si se los ha hecho no infecciosos pueden reformar un virus en infeccioso recombiniándose con virus latentes presentes en la célula huésped.

El ejemplo de trabajos con retrovirus, es el Adeno-Associated-Virus (AAV), realizados por científicos de la Universidad de Niza. Este virus y los genes extraños que se le implantan, parece insertarse de manera estable y sin inconvenientes aparentemente en el genoma de las células que infecta. A la biotecnología parece que no hay dificultades técnicas posibles de detenerla, pues en pruebas con este virus se ha mostrado que con bacterias puede reproducirse un plásmido del virus AAV, independientemente de los cromosomas de la célula bacteriana; fue inyectado este plásmido en embriones de ratón y se replicó también de manera autónoma en el interior de las células de ratones transgénicos, el plásmido tomó realmente los fragmentos de ADN de los cromosomas del ratón los cuales le confieren esta posibilidad de autorreplicación.

Recientemente, también en Niza se han realizado investigaciones produciendo animales transgénicos para reproducción doméstica y lo que se ha logrado no es mucho, por el hecho de que los criadores ya han sobreseleccionado caracteres, sin embargo, hay un incremento del 10% en peso, entonces lo que se ve con más posibilidades de animales transgénicos es insertando la hormona de crecimiento en su genoma para acelerar el desarrollo, lo cual no incrementa el consumo de alimentos, la ganancia estaría entonces por allí, sin embargo aún se conoce muy poco acerca del estado de salud de los animales transgénicos y puede resultar en sorpresas no esperadas. Reporta la literatura (Houdebine *op. cit.*), que los estímulos que serían eficaces en el animal transgénico tienen efectivamente muchas probabilidades de actuar al mismo tiempo en otros genes de este

mismo animal, y ello de manera más o menos indeseable.

Los animales transgénicos obtenidos hasta el momento son ratones, moscas de la fruta *Drosophyllas*, toros y cerdos, los cuales ya permiten observar algunas situaciones como las descritas.

En el caso de animales modificados en su estructura genética con fines de optimizar sus rendimientos en producción de carne, leche, o de algunos subproductos como la lana, tiene posibilidades de cambiar a futuro el intercambio con otras especies, con lo cual su tradicional estilo de convivencia se vería afectado. Por ejemplo los trabajos con el salmón proveen de algunas características importantes y favorables a la crianza pues su incremento en tamaño garantiza la ventaja de la crianza. Sería muy rentable, pero al cambiar su estructura genética sus hábitos vitales podrían verse modificados, de ello se deriva que su disposición respecto a sus depredadores sería distinta porque hay una relación intrínsecamente estrecha con el recorrido que realiza durante su ciclo reproductivo. También pueden derivarse algunos efectos no deseados en los humanos que se alimenten de ellos, sobre todo si lo que se introduce como novedad genética tiene implicaciones con el metabolismo de sustancias indispensables para su desarrollo. El caso de la hormona de crecimiento es un ejemplo: introducir el gen que controla la hormona dentro del código genético del animal pudiera presentar repercusiones no deseadas, aunque esto no ha sido probado como repercusión negativa en la ingesta humana. Lo que sí se ha detectado como problema es la inducción de hormonas de crecimiento no con ingeniería genética sino mediante inyección de la hormona en animales en tratamiento, cuyo resultado fue disfunciones en niños que se alimentaron con animales tratados con hormonas de crecimiento presentando desarrollo inadecuado de glándulas mamarias.

En lo general pueden también presentarse efectos secundarios como desactivación de los genes introducidos y transposición de los mismos, cuyos efectos son todavía difíciles de predecir y por tanto de prever.

Así, los productos obtenidos -mediante ingeniería genética- reservan problemas de definición y de legislación importantes porque aún cuando se promueve “lo natural”, lo menos contaminado, lo orgánico, etc., hay una gran contradicción en ello ¿será que se podrán seguir llamando “naturales” los productos de biotecnología?, ¿podrán seguirse

utilizando sin estudios toxicológicos como se ha hecho hasta ahora con productos vegetales que proceden de variedades cultivadas u obtenidos de manera tradicional? La verdad es que si su patrimonio genético ya ha sido modificado y son muy superiores a los que se catalogan como naturales, ¿cabría suponer que son iguales?

Las interrogantes son diversas en un mundo tan cambiante, porque “en estos últimos años, con los cultivos de células vegetales se ha creado un nuevo instrumento ¿se deberá utilizar? -ubicándolo en el rango de necesidad económica-, se podrá utilizar -en el aspecto legislativo, será correcto-, y finalmente para acotar esto, se sabrá desarrollar convenientemente -en el papel del científico y el ingeniero genetista- a intereses humanos o sociales y científicos - (Pietard y Bariaud-Fontanel, 1988).

En términos de riesgos en el ámbito ecológico hay otras posibles derivaciones que el desarrollo biotecnológico podría promover:

- El uso de cada vez menos variedades acarreará probablemente problemas de biodiversidad
- Si hay plantas resistentes a herbicidas, las dosis de los mismos tendrán que incrementarse para controlarlas
- Los insectos tratados por ejemplo con la bacteria *Psiringae* los hace resistentes al congelamiento, podrían ser plagas potenciales e intercambiar genes mediante cruzamiento y así con otros insectos resistentes
- Las plantas que tienen resistencia a insectos y patógenos, podrían de manera natural incrementar la producción de sustancias tóxicas, hasta que sus contenidos sean indeseables
- La pérdida de germoplasma también es una posibilidad observable a no muy largo plazo
- Puede haber efectos remanentes en los sitios donde se usa microorganismos tratados genéticamente

Biotechnología en células humanas

Actualmente es posible una serie de modificaciones en el genoma humano, la transferencia de genes extraños en embriones humanos puede intentarse, si no es que se

ha hecho ya, pero muchos de los experimentos se conservan en secreto y por organizaciones que difícilmente publicarán resultados de estos trabajos. Por lo pronto, muchos de estos avances se encuentran en los países del norte, sobre todo lo relativo a animales transgénicos y experimentos con el genoma humano. De hecho en México estas investigaciones representan una problemática especial, y pronto el ámbito científico se verá inmerso en trabajos de esta naturaleza, en la práctica ya está aportando su granito de arena en la investigación sobre el genoma humano, donde sistematiza e intercambia información con organismos de salud de Estados Unidos (NIH) quienes comandan la investigación del Proyecto Genoma Humano. Todo lo anterior pese a las recomendaciones del Comité de Bioética Internacional y a las consecuencias de la propia actividad que genere el proyecto. Por lo pronto, el Comité Nacional de Ética Francés, lo mismo que el Comité Consultivo de Ética de la Comunidad Económica Europea, se ha pronunciado por la prohibición de este tipo de experimentos por las implicaciones tan graves que tienen en el sentido ético.

Las nuevas técnicas de recombinación molecular genética del ADN permiten la clonación de genes humanos para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. En febrero de 1997, investigadores británicos crearon artificialmente un clon de mamífero usando técnicas sucesivas de trasplante nuclear a partir de células mamarias mediante la reprogramación del ADN de una célula somática adulta diferenciada, demostrando la posibilidad de hacer reversible la diferenciación de células somáticas y permitir la clonación de un mamífero adulto, abriendo la posibilidad de clonar seres humanos (<http://www.uchile.cl/unoticias/1997/u160597.htm-EE>). La reseña del experimento con la oveja "Dolly" es una muestra de esto con mamíferos, directamente extrapolable a seres humanos.

El "Proyecto Genoma", es una investigación que inició en 1987 y que ha generado una serie de discusiones por las implicaciones como aporte científico y los usos que pudiera tener. En su concepción inicial tenía el objetivo de conocer la conformación genética del organismo humano, así como la identificación de los genes responsables de muchas de las enfermedades que aún no son curables por vía de la medicina clínica tradicional; representa actualmente un conflicto para la sociedad por las implicaciones

éticas, económicas y sociales que comporta.

La terapia génica para tratar enfermedades, la manipulación de genes para prevenir enfermedades como síndrome de Down, enanismo, diabetes mellitus y otras constituyen la dirección de los objetivos iniciales del PGH, sin embargo, paralelamente a éstos la investigación provee de posibilidades para la manipulación de embriones en la reproducción humana, patentamiento de genes y tejidos humanos, así como el derecho de las empresas transnacionales a la privacidad de la información mediante patentamiento de la misma.

Hasta 1994, se conocía aproximadamente el 50% del genoma humano que está conformado por aproximadamente 100 000 genes localizados en 46 cromosomas de ADN en total. Se prevee que para el 2005, si no es que antes, se conocerá por completo el código genético humano. Muchos países están comprometidos con este proyecto y realizan investigaciones de cromosomas particulares, pero la investigación que concentra estos esfuerzos la hace el Departamento de Energía (DOE) y los Institutos de Salud de Estados Unidos. El financiamiento está a cargo de organismos públicos y universidades de Francia, Canadá, Japón y Gran Bretaña. En México el PGH inició hace tres años con la participación de científicos de la UNAM, de los Instituto Nacional de la Nutrición y de Pedriatría de la Secretaría de Salubridad y Asistencia y el Centro Médico "La Raza". (Barajas y Massieu, 1997:122)

Los éxitos del proyecto fueron en 1990 un primer tratamiento de terapia génica en niños con trastornos inmunológicos; en 1992 primeros mapas físicos de los cromosomas "y" y 21. En 1996 se publicó en Internet un mapa genético de los 16,000 genes humanos identificados hasta entonces, identificando los que producen la enfermedad de Alzheimer y algunos tipos hereditarios de cáncer (Barajas y Massieu, 1997:126).

Aparentemente estos cuestionamientos están en la mesa de discusión y se deberá responder a ellos en tiempos muy próximos, pero como toda actividad de investigación y desarrollo, las respuestas no se pueden dar exclusivamente con base en criterios limitados a lo científico, sobre todo por la repercusión que pueden tener.

Riesgos en el ámbito socioeconómico

Son diversos los problemas que se enfrentarán en la medida que el proceso de producción de productos biotecnológicos avance. En esta parte se interconectan los problemas por las repercusiones que tendrían. Se señalan brevemente las posibilidades en lo social, laboralmente hablando, y en lo económico:

La salud se convierte en un problema o función de la población y sus condiciones de vida, no de la capacidad ni disponibilidad de medicamentos, es decir, aunque se descubran nuevos medicamentos, las posibilidades de adquisición están más lejos para las poblaciones, primero de escasos recursos y, segundo a nivel más global, para los países del Hemisferio Sur. La biotecnología podría beneficiar para obtener cada vez mejores medicamentos, pero no necesariamente la población gozaría de mejor salud.

Con el desarrollo del proyecto Genoma Humano hay grandes logros pero también hay problemas por estos logros: en 1995, en Estados Unidos, se emitió una ley de protección para personas susceptibles de sufrir algún tipo de discriminación por información genética en sus empleos; se relaciona con enfermedades definidas a través de pruebas con el ADN humano. Lo anterior habla de la proyección de los resultados y su utilización en demérito de la sociedad. (Barajas y Massieu, 1997 *op. cit.*)

La mayor parte de pruebas realizadas con este proyecto tienen implicaciones graves en términos de derechos humanos: el material genético aporta elementos sobre la fisiología y salud de individuos empleados en general, lo que posibilita a las empresas para su manipulación; pueden contratar al más fuerte y menos susceptible de enfermedades, habrá por tanto una mayor presión por el salario y por la calidad de vida, habrá desempleados genéticos y una mayor eficiencia para el desarrollo de empresas privadas que puedan utilizar estos avances. Se cosifica a los individuos afectados y a culturas enteras, no media consentimiento de los afectados y aunque hay una guía de derechos denominada "Acta de Privacidad Genética", en ésta no se considera a los indígenas; se provee de facultades a las empresas privadas de monopolizar la información obtenida.

Se prevee irremisiblemente una falta de consonancia entre los derechos humanos actuales y las consecuencias de la investigación genética por lo que habrá que revisar

también esa legislación. La legalidad jurídica apoya actualmente el patentamiento de secuencias de ADN, lo cual puede promover la concentración de la investigación sobre genética humana en países industrializados, lo que ya es un hecho, y se puede llegar a evitar el manejo de técnicas y su dispersión informativa hacia países dependientes económica y políticamente, cuyas consecuencias son previsibles.

Los aportes de la biotecnología en el ámbito de lo productivo: probablemente habrá un incremento en la producción, productividad y en la oferta de productos. Los precios, como es lógico, tenderían a la baja, sin embargo, no está del todo seguro porque las leyes de la oferta y la demanda son manipulables en un ámbito de ganancia como objetivo primordial, por lo que no se garantiza la disposición a toda la población mundial de los productos, profundizando la brecha de acceso que ya se conoce con otros productos.

Los productores en pequeño se van a ver afectados seriamente, un motivo es la desventaja en la competencia. Al no poseer los beneficios de la biotecnología por dificultades para adquirirla estarán en altas posibilidades de desaparecer del escenario mercantil. La competencia se tornará cada vez más descarnada. Por efecto de las biotécnicas sobrevivirán aquellos que alternen su competitividad con la incorporación de éstas y un alto consumo de capital.

Otro dato que ya se comentó es que, con la posibilidad de sustituir materias primas naturales, de las cuales son primordialmente exportadores los países del Sur, la posibilidad de allegarse divisas está alejándose cada vez más. Además de que las nuevas biotecnologías crearán dependencias más fuertes en lo tecnológico, por el incremento de firmas oligopólicas; las transnacionales de la agricultura jugarán un papel decisivo en este proceso. Riesgos de monopolización y pérdida de germoplasma están apenas a la vuelta.

Para los productores de países latinoamericanos y todos los que se encuentran en situación de desarrollo semejante, se agrava su dependencia porque el mismo uso de la tierra se verá afectado por la introducción de biotécnicas, cambiarán los precios relativos de los productos y las consecuencias sociales, económicas y políticas se verán a mediano plazo cristalizadas en estos países con un atraso cada vez mayor.

En materia de recursos fitogenéticos y de diversidad biológica son graves los

riesgos y para que exista un contrapeso real a los riesgos se debe buscar hacer frente a éstos dentro de nuestro país con la idea de resolver los problemas concretos y los costos de introducir OMG, de la necesidad de evaluar, manejar, monitorearlos para evitar sorpresas. Para lo anterior se deben esclarecer los riesgos en lo cultural, ambiental, social y económico.

En fin, aparentemente el escenario previsible del mundo en un futuro mediano, no suena del todo halagüeño para los habitantes de los países menos desarrollados, entre los que se encuentra México, todavía. Tampoco es recomendable lo que se ha venido haciendo hasta ahora: trasladar los esquemas de bioseguridad de otros países porque los problemas que se enfrentan son específicos en este país, ante todo por la gran diversidad y centro de origen de muchos de los cultivos con los que se experimenta en otros países cuya repercusión no es igual en lugares donde se introducen las variedades por vez primera. La presencia de una gran cantidad de especies y parientes silvestres provoca que se requieran nuevas evaluaciones de riesgo que evidentemente involucran una información biológica mayor y normativas más precisas concernientes a la problemática de cada país o región de que se trate.

CAPÍTULO IV. LA IMPORTANCIA DEL SEGUIMIENTO GENERALIZADO DE NORMAS DE JUSTICIA Y ÉTICAS

El debate que ha generado la biotecnología entre ciudadanos comunes -sobre todo de países desarrollados- y también entre la comunidad científica, exige un planteamiento distinto de los valores que permean el comportamiento, así como de las formas de regular el intercambio entre individuos. No hay todavía acuerdo sobre hasta dónde seguir con la experimentación biotecnológica; dos vertientes fundamentales y contrapuestas señalan: la primera, continuar hasta las últimas consecuencias porque se espera una transformación radical en las condiciones del mundo actual que beneficiaría a los pobladores de países en desarrollo principalmente, a través de incrementos sustanciales en la producción y productividad, calidad, reducción de costos unitarios y un ambiente más sano para todos al evitar el uso intensivo de plaguicidas entre otros beneficios. La segunda se muestra más cautelosa y sugiere no experimentar con las bases de la herencia en animales y vegetales, porque llevaría a una alteración tal del entorno que cambiaría el curso de la naturaleza de manera radical, perdiendo o comprometiendo el capital ecológico de las generaciones presentes y futuras. La situación reseñada exige un nuevo planteamiento normativo más acorde con las necesidades de la sociedad contemporánea; se requiere planificar los límites en los trabajos de investigación biotecnológica y buscar alternativas que puedan aglutinar a los individuos que conforman nuestra atomizada sociedad. En la búsqueda de alternativas distintas se recurre a los conceptos de ética y moral que, siendo apoyo fundamental del derecho, pudieran ofrecer expectativas más en correspondencia con las reglas de convivencia actuales.

En relación con lo señalado, se pretende explicar en este capítulo los conceptos de ética, moral, justicia y derecho a partir de la visión de algunos autores contemporáneos, quienes realizan un análisis histórico de los conceptos desde los filósofos griegos y filósofos cristianos, hasta las aportaciones más recientes a la discusión sobre la ética y la

moral en su relación con el derecho. Se pretende dilucidar la ética desde un enfoque teórico y su vínculo con la práctica concreta de los actores sociales (1). Es necesario también revisar las propuestas que diversos autores hacen acerca del contenido de las leyes para que éstas constituyan un sistema normativo jurídico -derecho- con posibilidades de aceptación por parte de los destinatarios, y definir cuáles serían los mecanismos que garantizarían tanto la aceptación como la legitimidad de ese sistema jurídico en sociedades actuales carentes de principios culturales comunes, religiosos o metafísicos (2).

Finalmente, es necesario realizar un análisis de la situación en el mundo científico y su conexión con la sociedad moderna a través de la producción de innovaciones - productos científicos- que tienen repercusiones en los diversos ámbitos de la vida y que no han sido considerados ni previstos en el sistema jurídico y de derechos vigente, por lo que se requiere de la formulación e inclusión de normas al interior de la legislación, cuyo contenido debe prever las consecuencias de la generación de productos científico-tecnológicos mediante técnicas tan sofisticadas que implican la transformación de las especies vivientes en el planeta, incluido el hombre (3).

Concepto de ética

La pregunta a ¿qué debo hacer? desde el punto de vista de lo bueno, lo justo, lo legal, lo políticamente pertinente, conecta con la concepción ético-moral que tenga del mundo cualquier ser humano. Hay tantas formas de responder cuantas actitudes pueden presentarse en el sujeto, pero éstas siempre deben estar en función de cómo deseen establecer sus nexos de convivencia los agentes sociales con quienes comparten un espacio social. En la historia el cuestionamiento ha sido enfrentado desde diversos ángulos según sean y conecten con ideologías o pensamientos dominados por creencias religiosas ya que ahí se reflejan los más internos valores del sujeto. Así el ser humano se enfrenta a la necesidad de tomar decisiones y desarrollar acciones en consecuencia. Se genera un conflicto entre la libertad y la necesidad de elegir respecto de los objetos y de las relaciones con otros sujetos.

Las éticas clásicas griegas señalan una tendencia obligada al comportamiento por

el camino del bien ya que éste no tiene discusión, todos querríamos el bien porque es lo mas conveniente para la generalidad. No existen vínculos con imágenes religiosas y solo se apela a la razón como eje para la búsqueda del bien.

Platón parte de una conceptualización del hombre sin una necesidad estrecha con su realidad empírica, de ahí que su propuesta se sostenga en bases ideales. Pero el individuo para su realización debe ubicarse en un contexto social; el bien y la felicidad están condicionados a una vida compartida en comunidad, en la *polis*. La ética tiene un papel rector en el comportamiento humano, por lo que una acción ética del individuo conducirá a la construcción de un cuerpo social justo.

En la propuesta de Platón (García, 1988;87), se plantea una conexión indisoluble entre ética y política, misma que se refleja como correspondencia entre el bien final del individuo y la colectividad. Organizada de esta manera la sociedad, podrá lograr para sus miembros la justicia y por consecuencia la felicidad para todos por igual. Lo bueno, lo justo y la felicidad están conectados, de modo que un hombre justo necesariamente es un hombre feliz.

En la producción de leyes (García *op. cit.*;129), esta asociación de conceptos continúa consecuentemente. Define a las leyes como el mecanismo que diferenciará la convivencia del hombre de la de los animales; mediante reglas claras de acción, no ocurrirán desviaciones que conduzcan a beneficios particulares, porque el hombre es capaz de conocimiento y guiado por éste solo procurará el bien común, además de la mediación de normas generales que servirán para estrechar los vínculos de la ciudad.

Hace falta, sin embargo, situar al hombre en una relación práctica cotidiana, donde se enfrenta a la necesidad de elegir. Aristóteles da respuesta a esta situación. Desde su conceptualización del bien, Aristóteles va en busca de las formas concretas y posibles en que se manifiesta la vida de los hombres. “La teoría aristotélica del bien es producto de una serie de componentes que, enraizados en la *psyché*, han de atravesar el mundo de los otros, y sistematizar, en función de él, los propios comportamientos” (Lledó, 1988;144) Nada puede tener significado en la vida humana si se desglosa del espacio colectivo en el que cada individualidad se cobija. El hombre no es nada si no pertenece a una colectividad” (Lledó *op. cit.*;146). Coinciden en este punto los autores

citados: la manifestación y realización del individuo solo es posible en colectividad. Ahora hay que analizar los problemas que esto trae consigo y que son aportes de Aristóteles. La doble ciudadanía del hombre es el punto en conflicto “Por un lado está todo aquello que se agrupa bajo el nombre de irracional. Por otro está ese poder <<centrador>> del *logos*, de la reflexión y la medida.. En la construcción de un ámbito colectivo en el que cada individualidad se vea comprometida, no cabe sino establecer un equilibrio de las tensiones que, sin embargo tienen que existir para hacerlo posible.” (Lledó *op. cit.*;159). La necesidad de elegir es consecuencia de la vida compartida, y encuentra salida en la capacidad de reflexión del ser humano, cuya mediación hace posible la convivencia intersubjetiva. Esa capacidad reflexiva se construye, no es estática, es producto de estadios distintos de la praxis, son hábitos que se van formando en el individuo miembro de una comunidad.

Para el concepto de justicia, Aristóteles señala que nos hacemos justos practicando la justicia, todo en directa función de una práctica concreta.

La ética de Aristóteles, en síntesis, es principio formador de la voluntad individual pero no tendría caso ni la existencia si no se compartiera la vida en colectividad. La ética no es parte de la política porque está en el ser del individuo y se encuentra condicionada por el ser colectivo que la política organiza; es ahí donde se asientan las razones de los otros, y lo que hace posible una racionalidad común permitiendo la vida compartida.

Es así como la vida en sociedad, prevee Aristóteles, supone un sistema de relaciones y compensaciones que le dan sustento a la organización, en donde la previsión de esos otros seres contiguos y sus necesidades representa la tensión más fuerte que enfrenta a la ética y al propio comportamiento del hombre fundamentado en preceptos de bien, muchas veces a costa del suyo propio.

Desde Epicuro, el origen del concepto está inmerso en contenidos de gran complejidad porque el hombre se desenvuelve en un mundo donde la cultura, la política, la economía y otras esferas de la sociedad coexisten en un sistema de interdependencias, que se analiza desde el contexto de la ética.

Cristianismo

En el cristianismo se presenta la moral como valoraciones del mundo y de la sociedad humana que no son técnicas y por lo mismo estas valoraciones no están a disposición del individuo. Moral no es religión, ni religión es moralidad, pero hay implicaciones muy fuertes que establecen lazos indisolubles de relación entre éstas. Con la evolución y la maduración racional se han ido formando los códigos y los sistemas morales que no son explícitamente religiosos, sino filosóficos (Gómez, p. 283-285). Pero es importante asomarse al pensamiento de los filósofos cristianos en la historia de la ética conectada con la religión porque aporta elementos distintivos para el análisis de la moral.

Desde la lógica religiosa, el cristiano siempre debe aspirar a ser un ciudadano leal respecto de la comunidad política en la que vive, así como atender obediente al gobernante de la comunidad porque seguramente éste no ordenará lo contrario a su conciencia. Su participación en la política no es mas que consecuencia lógica macrosocial de su amor al prójimo; así también la obediencia, no racional sino inducida religiosamente a reglas sociales está incluida.

En la ética clásica se regula la interacción de los hombres mediante un orden general racional y está prohibido tocar ese orden -hay un respeto inmanente a la naturaleza-, aunque carecen de imágenes vinculantes externas, no hay procesos espirituales superiores al hombre que regulen su relación con otros hombres o mediante coerción ajena a la voluntad propia del individuo. No se detecta en el análisis, la presencia de imágenes religiosas, lo que permeó el pensamiento en todo caso fue el estado de desarrollo de la razón en esa época, fueron tal vez los albores del pensamiento racional. Lo que constituye la diferencia entre ética griega y ética fundamentalista, es la dependencia de un orden religioso porque siguen una línea común de búsqueda de vida buena.

Moral en Santo Tomás

Para Santo Tomás la clave moral será una combinación del pensamiento griego (la filosofía tiene como objeto el estudio, el conocimiento del mundo y la rectoría del universo); y el mesianismo judío, que brinda una promesa de bien y dicha. Filosofía y

religión se identifican; si el alma tiene hogar en el cuerpo y se salva en Dios, el entender se mueve entonces dentro del creer. A diferencia de una moral griega exenta de mecanismos coercitivos, discurrió sobre las manifestaciones de una época de dominación y control de los hombres mediante coerción espiritual, que habría de permanecer durante un importante lapso de la historia de la humanidad.

Moral en San Agustín

La vida religiosa o dentro del amor a Dios tenía connotaciones morales, el que ama a Dios no puede obrar en contra de otro igual a él, estos son los principios básicos de la moral agustiniana.

La ética griega tenía carácter objetivista, mientras que San Agustín rubrica una moral de intención (Alvarez Turienzo, en Lledó *op. cit.*). La vida moral tiene sustrato en la voluntad, Dios tiene un papel fundamental en la moral individual subjetiva, al fin y al cabo la moral es de cada quien; el hombre es libre de pecar y así ejerce su propia voluntad y libertad, nadie decide ni peca por él. La moral es vista por este filósofo religioso como una situación dual entre la intención y la práctica real, de la intención se encarga Dios y de la regulación de la praxis no aclara quién, dejando entrever que es consecuencia del obrar bienintencionadamente. También señala que la moral de intención cambia de acuerdo con los tiempos y las situaciones de la vida por lo que se relativiza, por lo tanto la moral de los hombres es una moral relativa. Pero finalmente la meta moral es el objetivo de todo ser que desea el bien, la vida buena o una vida moral.

El eje de la discusión para Santo Tomás y San Agustín está dentro de las líneas morales de Jesús, quien expuso el amor entre prójimos como base de una adecuada convivencia entre humanos.

Para los conceptos de pecado y culpa no hay distinción; aunque el pecado es desde el punto de vista evangélico una falta y la culpa o producto de la comisión de una falta tiene carácter ético. En este aspecto coinciden claramente las posturas señaladas, aunque se diferencian en lo concerniente al apoyo que busca santo Tomás en una base racional, adicionalmente a la fe.

El intervencionismo paulatinamente mayor de la iglesia en los procesos socio

políticos, obligó a reflexionar sobre los creyentes pero sobre todo como individuos o partes integrantes de la sociedad. Un cristiano es de cualquier modo y siempre un ciudadano.

Moral kantiana

Kant por su parte ofrece una propuesta distinta de hombre, tal vez más plausible actualmente: aquel que obedece a fines; cada sujeto actúa según sus fines, de acuerdo con un sistema de fines en el cual el fin absoluto es el propio sujeto, la exigencia moral abre la posibilidad de ese fin absoluto a un fin en sí, con reconocimiento y posibilidad para todo sujeto. En esta tesis funda Kant su criterio de validez universal, simplemente generalizando las expectativas de los sujetos mediante la consecución de fines con una exigencia moral para regular ese sistema con criterio de universalidad que lleva al respeto entre individuos, no al amor. Expresa claramente esto en su Ley fundamental de la razón pura práctica: “Obra de tal modo, que la máxima de tu voluntad pueda valer siempre, al mismo tiempo, como principio de una legislación universal (Kant, crítica de la razón práctica p. 50)

Desde la perspectiva de Kant, donde se persiguen fines y las éticas de los valores y las éticas de los bienes privilegian en cada caso contenidos normativos particulares, dichos contenidos no pueden servir a decisiones vinculantes, se requiere un principio universal. Esto es importante sobre todo en sociedades modernas caracterizadas por el pluralismo de convicciones últimas, (este argumento es de Habermas (1998). La reflexión de Kant apunta hacia una realidad que debe preocupar a la sociedad actual porque si no hay mecanismos vinculantes, las relaciones derivan en competencia de los valores y tienden a expresarse los intereses particulares, por lo que se debe intentar la búsqueda de vínculos a través de otros espacios de interacción general.

Moral habermasiana

Habermas, además de un procedimiento para llegar a criterios morales propone al derecho procedimental como orden cohesionador, del que puede emanar un sistema jurídico al que todos puedan asentir.

La cuestión de universalidad de la justicia a la que se enfrentan, con algunos problemas, las éticas anteriores puede ser superada a través de la posición de Habermas, quien trata este problema teórico mediante procedimientos que consideren la participación de los implicados. Este procedimiento de formación democrática de la opinión y toma de decisiones es, según el autor, la garantía de la justicia y de universalidad.

Las éticas clásicas atendían al cuestionamiento sobre la “vida buena”, mientras que la ética según Kant refiere más a cuestiones de “la acción justa”; desde este enfoque hay divergencia entre justicia y vida buena. Esta diferencia entre las éticas antiguas y las éticas fundamentalistas puede encontrar salida mediante las éticas deontológicas o éticas congnotivistas cuyo sustento se fija en la obligatoriedad de preceptos y normas aunque sigue en discusión el cómo justificar las normas que regulen la acción de los agentes sociales. Para Kant se traduce en ética formal, ya que desde un punto de vista racional, todos los implicados deberían estar de acuerdo con normas justificadas moralmente (Habermas, 1998).

“La moral discursiva aventajaría a las éticas de la “vida buena” y ... ampliaría el concepto deontológico de justicia kantiano con aquellos aspectos estructurales de la vida buena que se pueden separar bajo el punto de vista general de una socialización comunicativa (Habermas, 1998:660)

Es interesante revisar la distinción que hace Habermas (1998) entre los conceptos de ética y moral. Para el entendimiento del concepto de **ética** distingue lo que un individuo desea de sí mismo, “*quién quiero ser*” y “*quiénes queremos ser*”, en conjunto y cambiando el sentido, determinando un conjunto de valores y principios culturales acuñadores de la propia identidad, así como la decisión por una determinada forma de vida. “Los problemas éticos se refieren a la clase de vida que se quiere llevar y a la clase de persona que se quiere ser. Se refieren a preguntas clínicas acerca de la vida buena o feliz” (Habermas, 1998:249).

La **moral** refiere al “*cómo debemos actuar*”, en el sentido de que como participantes en un colectivo se deben adoptar las perspectivas de todos los demás, no reduciendo el círculo a un grupo sino que éste se amplía considerando también a los no

participantes del grupo o complejo cultural, la acción moral va más allá de cuestiones etnocentristas y considera a todos en sus decisiones de acción. “La pregunta acerca de ¿qué debo hacer? se resuelve de modo diferente cuando mis acciones afectan a los intereses de otros engendrando conflictos. Entonces se trata de resolverlos imparcialmente, esto desde el punto de vista moral” (Habermas, 1998:251)

La propuesta general de Habermas va en el sentido de definir la posibilidad de existencia de una ética racional sobre una base laica y útil a las sociedades actuales modernas heterogéneas, plurales y sin certezas colectivas fundadas por la religión a diferencia de las éticas premodernas dependientes de razones metafísicas y fundamentalistas-religiosas y desarrollando más el concepto racional de ética kantiano.

Es menester exaltar la importancia de la ética y la moral de Habermas porque constituye la base del entendimiento entre las sociedades complejas actuales y funda en ellas la legitimidad del derecho que será tratado enseguida.

Por la necesidad de organizar esa colectividad humana que evoluciona inconmensurablemente surgen en la historia conceptos como política, leyes y Estado, formas de organización para enfrentar las relaciones entre sujetos sociales; frente a un derecho sacro desencantado y sin sustancia hay que buscar un equivalente que permita mantener el tejido social. El derecho como instancia reguladora emerge en diversas variantes funcionales dependiendo de las características de la sociedad a quien se dirige y de quien emana. Asimismo la relación del derecho con la moral como vía estructurante de la integración social, ha sido el centro del debate desde etapas muy antiguas.

Derecho y moral

Durante varios siglos el derecho ha sido entendido como una parte importante del mundo ético, aunque con cierta independencia. En este sentido se enfrenta el derecho nuevamente al cuestionamiento sobre el derecho “*que es*” y el derecho “*que debe ser*”, se parte del razonamiento de que es un conjunto de enunciados normativos con contenido moral; para Laporta (1993:13) “cualquier enunciado jurídico por el mero hecho de serlo transporta consigo una justificación moral interna, es decir, no sólo <es> el derecho, sino es el derecho <que debe ser>”

Derecho es el objeto de la justicia y la voluntad de “*dar a cada quien lo suyo*” y el estudio de la ley conecta con el derecho; toda ley verdadera ha de ser justa: refiriéndose a quienes dispensan el derecho, señalando la obligatoriedad de actuar en sentido moral porque las acciones del gobierno deberán ser juzgadas por criterios éticos (Alvarez-Turiénzo en Lledó, *op. cit.*).

San Isidoro aporta algunas ideas sobre la moral en relación con el derecho, punto que constituye un salto evolutivo en la reflexión de la moral cristiana. Para San Isidoro (570-636) permeado por la tradición judaico-romana, el derecho está fundido con la moral, y el orden político de cualquier entidad debería fundarse y ser expresión del orden moral (Alvarez-Turiénzo, p. 378 *op. cit.*).

El sistema jurídico queda situado en las culturas premodernas bajo la cúpula de un derecho sacro que es administrado por especialistas en teología y en derecho. El rey o emperador -juez supremo al mismo tiempo- es el núcleo de ese sistema que va de acuerdo con tradiciones jurídicas santificadas. Ambos tipos de derecho, el burocrático y el sacro dan forma al derecho consuetudinario que no está escrito pero que proviene de tradiciones jurídicas de cada etnia. Desde el siglo XII hasta el Medioevo se manifestó la tendencia ramificadora del derecho en derecho sacro y derecho profano; integrado el primero desde la perspectiva de una de las religiones universales. No está a disposición del príncipe, es el marco legitimador desde el que éste administra la justicia para ejercer su dominación profana.

La ley moral en Santo Tomás tiene una vinculación estrecha con el derecho; para él, el objeto de la justicia es el derecho de cada individuo a obtener lo que le corresponde. El gobierno carece de legitimidad de origen si se basa en una usurpación sin derecho. Por tanto las leyes contrarias al bien común son mero acto de fuerza y si esto se manifiesta en una sociedad se falta a la moral y al propio derecho convirtiéndose en tiránica la forma de gobierno, con una evidente ausencia de legitimidad (Alvarez-Turiénzo p. 433 *op. cit.*)

El derecho hasta el siglo XV por lo menos, conecta ineludiblemente con la moral, pero en etapas más recientes, con el surgimiento del derecho positivo hay grandes divergencias; para varios autores no necesariamente el derecho debe tener contenidos morales porque es necesario regular acciones concretas con independencia de la moral.

Este debate tiene sus antecedentes en lo que algunos autores señalan como orígenes del derecho. Bobbio (1992) hace una distinción entre iusnaturalismo o derecho natural y el positivismo jurídico; iusnaturalismo es la corriente que concibe al derecho como una forma de regulación de la convivencia entre seres humanos, basada en leyes naturales. El derecho natural es el conjunto de primeros principios éticos muy generales, de los cuales el legislador debe tomar la inspiración para la formulación de las reglas del derecho positivo (Santo Tomás en Bobbio, 1992). En contraposición el positivismo jurídico señala la obligatoriedad del establecimiento de normas precisas y dependientes de la materia de que se trate, que regulen efectivamente la relación entre los hombres en los diversos ámbitos de interacción.

El derecho positivo es el conjunto de medios práctico-políticos, traducidos a normas que regulan el comportamiento de los miembros de una comunidad jurídica determinada; los principios éticos insertos en el derecho natural están dirigidos a una comunidad indeterminada, a todos, mientras que el derecho positivo y sus normas tienen destinatarios específicos: los miembros de la comunidad jurídica en tiempo y espacio dados. En la evolución del derecho se ha ido desplazando la normativa de carácter preceptivo -principios éticos- por la necesidad de regular las relaciones entre hombres que se han complejizado en ese proceso evolutivo hasta conformar la sociedad moderna actual. Posturas contrarias al derecho natural señalan que con principios éticos de valor universal, se permite un nivel muy amplio de libre albedrío así como de interpretación de los enunciados normativos a juicio y conveniencia de los actores (Bobbio *op. cit.*)

Para Habermas (1998), la pauta de la evolución del derecho como tránsito de la modernidad está dada por un cambio en la conciencia moral. En el derecho natural racional se articula una nueva etapa de la conciencia moral, donde el derecho se hace depender de principios y se sustenta sobre el terreno de la racionalidad procedimental. Además la legitimidad se expresa en dependencia con preceptos morales al interior del derecho.

El derecho natural racional recibe connotaciones diversas dependientes del autor que las proponga; para Hobbes el derecho totalmente positivado funciona del todo ajeno a la moral pero no explica por qué los ciudadanos deberían tener buenas razones para

someterse a un poder estatal absoluto. Para Hobbes, en síntesis, el derecho es el medio de organización del poder político. Kant, interpretando todavía una política en términos naturalistas, pero sin intervención de la moral, deriva el derecho natural racional fundamentado en términos de autonomía con respecto de la moral y sustituyendo el derecho natural con carácter religioso y metafísico. En este nuevo tipo de derecho la administración de justicia queda subordinada al legislador político y se limita a administrar los programas de éste (Habermas, 1998).

Para Kelsen, firme promotor del derecho positivo, el derecho es un “universo de normas válidas que organizan la aplicación de actos coactivos a determinadas conductas humanas (...) confiere a la noción de validez de las normas un significado estrictamente jurídico sin establecer esa validez en conexión con sistemas morales dados” {Kelsen en Laporta, p. 14 *op. cit.*). En este autor los sistemas morales y sus enunciados están más allá de la posibilidad de justificación racional o fundamentación científica, porque son puramente subjetivos e irracionales. En contraposición a las normas, cuyo contenido debe estar fundamentado en la objetividad y validez que justifique su aplicación y funcione en una determinada sociedad. Según Kelsen el orden jurídico y su efectividad se expresa en la obediencia a sus normas. Esa efectividad es la expresión empírica de su validez, validez para Kelsen es equivalente a obligatoriedad o fuerza vinculante (Laporta;17 *op. cit.*).

Ante la propuesta de Kelsen se puede argumentar que si el sistema jurídico no prescribe claramente un contenido moral en sus normas, queda totalmente desprotegida la posibilidad de esas pautas éticas dentro de la sociedad. Devlin citado por Laporta (1993;51) señala que en una era de legislación democrática como la nuestra, lo más adecuado tal vez sería que las leyes propugnasen por identificarse con los valores morales de la mayoría social, para tratar de regular la conducta de los individuos a través de pautas éticas compartidas por esa mayoría, lo cual garantizaría además en alguna medida la legitimidad de las normas. Pero si las sociedades no son entes inmutables sino que evolucionan continuamente este principio propuesto por Devlin queda fuera de posibilidad. Dworkin (Laporta;51) sugiere que hay límites morales que las leyes no deben traspasar y propone una moralidad crítica que enjuicie a la moral positiva y también a las instituciones sociales.

Para Laporta, solo la justicia procedimental está en posibilidades de promover una consistencia moral en el derecho, con fuertes implicaciones de equidad, es la que apoya la inclusión de una moral vinculante en el derecho y, según esta concepción, un sistema de derecho justo debe cumplir por lo menos con tres normas o rasgos: aplicar normas justas, no castigar al inocente y ser equitativa la decisión. Según se observa, ello obliga a la incorporación de fundamentos y directrices morales.

Habermas, quien desarrolla la teoría de la acción comunicativa como base para el entendimiento entre actores sociales y por tanto para el establecimiento intersubjetivo de límites de esa convivencia, son condiciones para que un sistema normativo tenga efecto dentro de una comunidad dada, que los sistemas morales sean el complemento fundamental de los sistemas jurídicos sin que el uno domine sobre el otro, solo con la intención de proporcionar legitimidad a los órdenes jurídicos a través de contenidos morales, la legitimidad de un sistema jurídico debe hacerse derivar de una relación interna de complementariedad entre derecho y moral (Habermas, 1998).

La preocupación por la etización de las actividades humanas no ha sido del todo absorbida por el proceso de modernización actual, y una muestra de esta permanencia es la búsqueda que sigue siendo parte fundamental del quehacer de los filósofos de la época, quienes tratan de enfrentar los cambios de la humanidad en los sistemas actuales.

Estos antecedentes son los precursores de la condición ética actual, no existe ninguna esencia vinculante que obligue -moralmente- a una sociedad basada en principios de intercambio mercantil, carente de normas éticas. La red que el mercado ha tendido va más allá de las teorías del comportamiento humano contemporáneo, la crisis del comportamiento humano individual y de grupo llevan irremisiblemente a la crisis de la ética contemporánea; sus repercusiones están representadas en el panorama de relaciones del hombre actual.

Es un hecho que la superación de la crisis de la moralidad, requiere de fundamentar el papel del hombre con otros hombres y el papel del hombre con la naturaleza y urge a nuestra sociedad establecer mecanismos de intercambio distintos a los actuales. Se precisa recuperar los valores, tradiciones y creencias culturales que se perdieron en el proceso de racionalización mismos que hoy, también como los valores

éticos, resultan obsoletos. Se requiere rehumanizar al hombre. No obstante lo señalado, hay algunos indicios de redención del género humano: los movimientos contestatarios a este proceso, lo constituyen agrupaciones de la sociedad civil que pugnan por cambiar el giro de los acontecimientos; los movimientos ecologistas nacionales y mundiales pueden ser los que sustituyan o renueven el sentido de lo ético, tanto en el nivel individual como en el de grupo, si establecieran estructuras vinculantes que surgieran de intereses y preocupaciones comunes.

La situación actual de la sociedad

La ciencia ha penetrado en el mercado a través de la venta de los productos científicos y por lo mismo se ha convertido en objeto relevante para las condiciones de intercambio; sus productos ofrecen posibilidades nunca antes conocidas. Es un hecho que se perfila una nueva composición de la sociedad mundial, donde los países desarrollados sostienen la definición de procesos de desarrollo con intereses hegemónicos que se refuerzan por la supremacía financiera y científica. Quienes logren los productos más novedosos, tendrán abiertas las puertas del mercado para invadirlo con las novedades tecnológicas producidas.

Con la evolución de la ciencia y la técnica se han propiciado nuevas formas de intercambio en la sociedad moderna, y que el logro de esos espectaculares avances ha modificado y cimbrado hasta sus cimientos las relaciones sociales entre los hombres, proveyendo de significados distintos a la ética, privilegiando en cada caso contenidos tan distintos como particulares, que no pueden servir a decisiones vinculantes para un proyecto de sociedad conveniente a sus integrantes por igual, sobre todo con las características de pluralidad y heterogeneidad actuales, por lo que se hace necesario buscar mecanismos que conduzcan a la integración social de esta humanidad tan atomizada por intereses.

Puede decirse que en alguna medida este proceso es equiparable, guardando proporciones, al proceso evolutivo de la Edad Media, transformado por el surgimiento del racionalismo, el mismo que determinó una forma distinta de ver la realidad social y del papel de la ciencia y la técnica, de sus aportaciones, enmarcado por una lucha secular que

promovió la separación de la iglesia de los poderes del Estado, esforzándose por debilitar la presencia eclesial, reemplazándola en su papel de interprete del mundo por una postura racional y objetivista, lo que constituyó el surgimiento del mundo moderno. Actualmente se hace necesario volver sobre el camino y restaurar los valores culturales que dieron cohesión a las sociedades antiguas; probablemente ya no con el contenido religioso que predominó en ese entonces sino con una actitud generosa y equilibrada ante el mundo transformado en, precisamente, el menos deseable.

Esas nuevas relaciones que se perfilan para la sociedad exigen también nuevas reglas del juego para los actores sociales que inevitablemente se están viendo dentro del marco de las transformaciones. Evidentemente hoy será difícil ejercer una presión coactiva entre los componentes de la sociedad a través de vínculos religiosos, como en su tiempo lo hizo el cristianismo. Sin embargo hoy se requiere de valores que puedan ser comunes a la humanidad sin socavar la objetividad de la relación de los hombres con el mundo. Es menester buscar indicadores comunes que nos permitan el entendimiento del mundo actual y ayuden a encontrar alternativas.

El derecho según algunos autores (Laporta, 1993; Rawls, 1983; Habermas, 1998) puede constituir el medio por el cual la sociedad logre establecer los límites de interacción entre los miembros de la sociedad así como restaurar la confianza en las instituciones y reafirmar la fe en la legalidad concurrente con la legitimidad. Las propuestas se apoyan en distintas tesis de posibilidades de cohesión social de los agentes sociales y tienen en común la intención de normar equitativamente, para todas las partes involucradas, la convivencia.

Rawls (1984), dentro del contexto de las propuestas teóricas procedimentalistas del derecho, sugiere analizar qué tan justa es la sociedad que conformamos como entes sociales y si esa estructura social obedece a normas de justicia o dentro de qué tipo de lineamientos opera. Parte, en el discurso, del hecho de que en una sociedad, como agrupación de personas autosuficientes, que reconocen ciertas reglas de conducta como obligatorias, actuando en consecuencia, lo menos que puede esperarse es que respeten estas normas. Propone que esa identidad de intereses promueven un vínculo que hace posible que la vida sea mejor dentro de esa agrupación que si cada individuo viviera tan

sólo con sus esfuerzos.

Una sociedad de esas características, sugiere Rawls, debe centrarse en la idea de principios de justicia que constituyan la estructura básica de personas libres y racionales interesadas en promover sus propios intereses. En principio, “la teoría de la justicia como imparcialidad es un ejemplo de teoría contractualista ... esta concepción mantiene que ciertos principios serán aceptados en una situación inicial de igualdad bien definida...” (Rawls, p. 33, *op. cit.*). Sugiere un cierto acuerdo entre las partes, tanto en los principios de agrupación, que serán tomados como formas vinculantes y fundamentos rectores; la doctrina del contrato es la que proporciona la posibilidad de aglutinar un conjunto de individuos. Esta forma de agrupación no implica que se contemplen las relaciones ético-morales dentro de la sociedad, solo sirve para normas de acción y de convivencia sin considerar el entorno en el que viven. Son tan generales las normas de convivencia planteadas para la sociedad contractualista, que no prevén la relación y la justicia en ésta para con los animales y el resto de la naturaleza (Habermas, *op. cit.*). “La rectitud como imparcialidad no abarca a todas las relaciones morales, solo las relaciones con otras personas ... Difícilmente se contemplaría la forma de intercambio con animales y la naturaleza por las necesidades de establecer límites al tema...” (Rawls, *op. cit.*).

Es pertinente definir qué arreglos sociales convienen para que los participantes de esa sociedad tengan acceso a una distribución equitativa de los beneficios y gocen de principios de justicia necesarios a la convivencia: los principios de justicia social, porque una concepción pública y compartida de la justicia constituye el rasgo fundamental de una asociación humana bien ordenada (Rawls p. 221, 1985).

Esta idea de sociedad bajo preceptos de justicia bien difundidos constituye la concreción del contrato social de Rousseau, así pues Rawls, en su tratado establece la idea más fundamental de la justicia como imparcialidad, como una teoría de la justicia que generaliza y exalta a un nivel de abstracción muy elevado, la idea original del contrato social de Rousseau, sustituyéndola por la propuesta de “la posición original”.

G.H. Mead (en Habermas, 1998) sugiere que en lugar de la posición original debería existir la asunción de un rol ideal por parte de los actores, que exige del sujeto moral ponerse en el lugar del de todos aquellos que se verían afectados por la norma en

cuestión. Habermas contraargumenta que ninguno de los modelos expuestos hace justicia a la pretensión cognitiva de los juicios morales; Rawls define las cuestiones morales como principios de elección racional; Mead por su parte propone “ejercicios empáticos de comprensión del prójimo” y ello no proporciona seguridad en la justeza de la relación intersubjetiva. Sugiere que el proyecto de vida y de integración de una sociedad en su conjunto debe fundamentarse en un Estado de Derecho, que sería la fuerza impulsora de la integración social, pero de acuerdo con principios jurídicos que rijan a la comunidad.

Explica además que el Derecho natural racional no sólo se abandonó por razones filosóficas, para él también influyeron las circunstancias sociales para su sustitución. Resultó que la teoría de contrato social también estaba planteada en términos muy concretistas y la promesa de justicia sólo era efectiva a núcleos pequeños de la sociedad, no habiendo tomado en consideración la alta dinámica de movimiento de la sociedad ni la presión adaptativa que el crecimiento capitalista conjuntamente con la modernización social ejercen. Por ello, si un orden jurídico va a normar las relaciones entre individuos se debe buscar y lograr imparcialidad en los órdenes jurídicos; en los contextos de producción y fundamentación de las normas se debe introducir la posibilidad de universalización, así como en los contextos de aplicación de esas normas se debe revisar si se han tenido en cuenta todas las interacciones que se pueden presentar entre las normas de manera que éstas no vayan a confrontarse.

Trasladar la racionalidad procedimental del derecho al derecho positivo es para Habermas (*op. cit.*) la única posibilidad de asegurar que su estructura no sea manipulada y por tanto se sustraiga a utilización individual o contingente.

Estos principios jurídicos deben emanar - en forma de normas o leyes- de la propia comunidad a través de la participación de la ciudadanía en una acción comunicativa expresada en discursos públicos donde los ciudadanos ejerzan su derecho de comunicación, su derechos de libertad y de democracia. Implicando que hay miembros libres e iguales conformando la comunidad social.

Para los sistemas jurídicos modernos resulta central el concepto de procedimiento; el nivel de aceptación de la norma está en estrecha dependencia de la forma en que se produjo ésta. Las formas de actuación procedimentalmente fijadas otorgan carácter

vinculante, no tanto por el contenido concreto -moral- o prefijado, sino por la conexión que se establece entre la toma de decisiones y deberes de fundamentación. Es decir la legitimidad de las normas está dada por el procedimiento de donde emergió y no por el contenido moral que conlleve, (Habermas *op. cit.*)

El hecho es que vivimos en un mundo que ha sido asumido como propiedad del ser humano en la medida que es el organismo superior en la pirámide de la vida en general; pero a nivel natural es tan solo una especie que por características que sobra describir aquí, posee la prerrogativa de hacer uso del mundo no animado por carencia de capacidades cerebrales, como el pensamiento o la racionalidad. Como quiera que sea, estos dones no le confieren al hombre la facultad para utilizar sólo a su conveniencia el mundo en que vive, pero ha sido permitido en virtud de la ausencia de normas que limitarían al actor-infractor, que lo obliguen a evaluar las consecuencias que su actuar tendrá.

La naturaleza y las oportunidades de ésta ante las versiones etizantes en la historia.

Al analizar la interacción del hombre con otros hombres desde la perspectiva de las distintas posturas ideológicas respecto de la ética y filtradas por los diferentes niveles evolutivos y la naturaleza de las sociedades en que se desarrolló, resulta importante recuperar no sólo la relación intersubjetiva; hace falta referir la relación que se establece entre el hombre y su entorno y desde qué principios básicos se regula esta relación. En las sociedades permeadas por el racionalismo griego fue objeto de preocupación, digamos, sectorial, la relación con la naturaleza, los preceptos éticos desde Aristóteles pretendían que el hombre buscaba conocer, saber, dirigía sus acciones con respecto del mundo en general mediante valoraciones éticas del mundo.

En las sociedades etnocéntricas donde persisten tabúes por sobre las instituciones, hay una relación de encantamiento y respeto por la naturaleza como proveedor de bienes y satisfactores antropocéntricos. La regulación en el trato con la naturaleza y los procesos de aprovechamiento de los recursos está dada por límites bien establecidos y por el respeto a la propiedad, sin embargo los recursos son de todos y de nadie en particular.

Hay niveles de relación del hombre -con otros hombres y con lo inanimado- según

Savater (1995). Primero está la que establece con lo otro que no pertenece al mundo subjetivo, su relación con los objetos -o con la naturaleza-, y donde ese cuestionamiento sobre ¿qué debo hacer?, se orienta por la no reciprocidad de la acción. En esta relación hay algo de contradicción: así como la naturaleza nos acoge en sí, necesita también de nuestra protección; así como nos proporciona vigor, nos arroja a la cara la certeza de nuestra fragilidad.

Lo que sucede en la relación metafísica que establece con Dios y con lo no humano presenta cierta reciprocidad en términos de respeto, porque siguiendo la línea de la versión fundamentalista tan doctamente tratada por Weber, Dios premiaría a aquél que derivara mayores esfuerzos en el trabajo con mejores condiciones de vida en la tierra y una promesa de felicidad eterna. En el fundamentalismo religioso se puede suponer una relación de usufructo en función de esa premisa.

Cuando las sociedades hipotecan las cuestiones políticas en razón de fundamentos mercantilistas, desvinculan su relación de preceptos éticos. En las sociedades mercantilistas y utilitaristas, el enfrentamiento con la naturaleza es de “utilidad”, comprometiendo seriamente los recursos y en general, la riqueza de la humanidad en la tierra. La relación está permeada por conceptos de propiedad y se ve a la naturaleza como producto del trabajo que se realiza sobre ella y como creación del hombre en un antropocentrismo desmedido.

La relación con la naturaleza por tanto debe revertirse y graduarse en sentido de mayor reciprocidad, o de una real reciprocidad; debe establecerse un justo intercambio: ésta sería la meta en nuestra sociedad.

De acuerdo con la teoría del discurso de Habermas, los problemas éticos, morales y pragmáticos se enfrentan de manera diferente y dependiendo de la materia que se trate de regular, pero siempre se refieren a relaciones sociales intraespecíficas.

Empero, si el principio de justicia es entonces la forma de regular las relaciones sociales intraespecíficas, los otros tipos de relaciones quedan sueltos: la del ser humano y su entorno. Desde el punto de vista de la justicia formal, esta cuestión se encuentra bajo la responsabilidad de autoridades e instituciones que representan los intereses de la colectividad, pero tampoco es garantía del control de esas relaciones.

Entonces el hilo conductor de justicia, reglas, instituciones y autoridades, se convierte en una red que no necesariamente obedecerá y privilegiará la justicia dentro de una organización social. Un análisis sin rigor sobre la sociedad moderna, su justicia, sus instituciones y la equidad de las leyes, su adecuación a necesidades, el respeto, etc., puede llevarnos a afirmar que efectivamente, las leyes son las más perfectas, las instituciones las más adecuadas y las autoridades las más probas. Sin embargo, cuando es el sistema, el sistema global mundial, el que prevalece por encima de cualquiera otra estructura, se hipoteca la justicia, la legalidad y lo moral en función de la estructura económica y política de la sociedad.

Para Habermas se hace necesario desarrollar estrategias diferentes de regulación de la convivencia. La teoría de la acción comunicativa según el autor ofrece alternativas a la convivencia entre sujetos contemporáneos mediante el principio del discurso, en el cual establece que sólo serán legítimas aquellas normas que sean aceptadas por los destinatarios a la vez que participantes en su elaboración. El principio del discurso es la posibilidad para la formulación de normas morales y jurídicas que atiendan tanto a legalidad como a legitimidad de los órdenes surgidos de este proceso.

Es menester lograr un sistema jurídico autónomo y éste lo sería en la medida en que los procedimientos institucionalizados para la producción legislativa y la administración de justicia garantizaran una formación imparcial de la voluntad y el juicio de los participantes. Por este camino es que se abre la posibilidad de que tanto al derecho como a la política los permeara una realidad procedimental de tipo moral. Si la necesidad recurrente de la sociedad es lograr imparcialidad y por esa misma vía la legitimidad en los contextos de fundamentación de las normas, la salida es la racionalidad procedimental trasladada al derecho positivo para que las normas y su aplicación se sustraigan a ataques y manipulaciones contingentes.

Así el Estado de Derecho se vuelve proyecto de una racionalización del mundo de la vida y del mundo que apunta más allá de lo político. El proceso de formación de la voluntad y opinión en ámbitos políticos públicos son una condición del Estado de Derecho que se va perfeccionando en el tiempo y, según Habermas, cada paso adelante en el proceso tiene efecto directo sobre la cultura política y también sobre las formas de

vida compartidas. En este sentido cambia la comprensión de la práctica política ciudadana y se define bajo el signo de autodeterminación y autorrealización por la confianza en una discusión racional y en cuyo medio habrá de legitimarse toda dominación política. El ciudadano se hace consciente de su responsabilidad y debe reflejarla en la convicción de que está comprometido a la participación para formular nuevas reglas del juego. El ejercicio de la ciudadanía de manera reflexiva rompe con la tradición y el trato con las instituciones se hace más crítico y también reflexivo porque en este proceso se ha despersonalizado la dominación política, ya no es el Estado en sí o una clase política dominante, el enfrentamiento es contra imperativos sistémicos de un sistema económico y un sistema político o administrativo diferenciados.

El autor se pregunta ¿Cómo pueden hacerse compatibles las ideas de igualdad y libertad y las de unidad con pluralidad, o el derecho de la mayoría con el de la minoría?, cuestiones que surgen en el debate protagonizado por las sociedades modernas. Ante la perspectiva de una sociedad plural y heterogénea moderna, es una ficción la posibilidad de una voluntad unitaria, y si las leyes para ser justas exigen el asentimiento de todos, hay que tratar de llevar esa pluralidad de intereses a un punto de equilibrio y tratar de concertar un consenso mayoritario además de mantener una intensa relación con la búsqueda de la verdad. Así la minoría no está obligada a modificar sus planteamientos, simplemente asentirá a la fuerza de la mayoría y esperará a conseguir un mayor consenso -o número de votos-, el necesario para hacer valer sus razones de mejor manera (Fröbel en Habermas, 1998:601).

Los procedimientos democráticos estatuidos en términos de Estado de Derecho permitirán esperar resultados racionales en la medida en que la formación de la opinión de las instancias parlamentarias, es decir los representantes institucionales de la sociedad civil, permanezca sensible a los resultados de los procesos de formación de la voluntad y opinión públicas de la ciudadanía. Esto quiere decir que habrá de establecerse una suerte de circuito intercomunicativo entre la sociedad civil y sus representantes, para que estos últimos sean en efecto voceros y defensores de las propuestas ciudadanas, emergidas de una racionalización reflexiva de la problemática que comparten. Para Habermas esta es la base legitimadora en que se sustenta el ejercicio de los legisladores y también en ese

mismo camino la legitimidad de la producción legislativa.

Se confía *a priori*, sin embargo, en que la formación de la voluntad y la opinión pública no estén hipotecadas y sean realistas. Este modelo exige de la ciudadanía el ejercicio de la libertad con plena conciencia y conocimiento de sus derechos, así como del ejercicio de la práctica de la autodeterminación y libertad como costumbre “sólo una población acostumbrada a la libertad ha de mantener vivas las instituciones de la libertad” (Habermas, 1998:641)

Derecho y moral en las teorías procedimentales del derecho

La comunicación es la base de este modelo del discurso, que sustituye al del contrato de Rawls, y sienta sus bases sobre un acuerdo discursivamente alcanzado en el que los mejores argumentos son los que ejercen coerción y no la violencia y el poder administrativo. El proceso democrático es el que soporta todo el peso de la legitimación en la producción del derecho, todo lo cual a través del espacio que se abre la ciudadanía para el uso de argumentos racionales donde se esgrimen las razones que sean menester.

Así deriva Habermas la legitimidad del orden jurídico, a diferencia de Weber que fundamenta la legitimidad en la racionalidad y ésta a su vez está basada en la fe en la legalidad del ejercicio de la dominación, cuyos principios no son factibles de operar en una sociedad sin fe en el carisma ni en tradiciones. Pero no es el único argumento porque según Habermas la legitimidad también debe hacerse derivar de una relación estrecha entre derecho y moral. En el modelo planteado por Weber el legislador político más que definidor de normas, ocupa un lugar hasta inconsciente en la ejecución como agente del aparato estatal cada vez más comprometido dentro del sistema general, por lo tanto los imperativos sistémicos de una economía autónoma son los que definen la orientación de las decisiones. Por lo que en la competencia entre derechos y bienes colectivos, acaban haciéndose valer solamente los imperativos ejercidos por la economía y el poder administrativo obediente a ésta y dejándose de lado las demandas de los subsistemas sociales.

Dado que ya no hay visiones compartidas, ni religiones cohesionantes de la sociedad, el sistema de derechos se enfrenta a nuevas realidades y la legitimidad no puede

fundarse más en la legalidad como en el derecho de antaño, por lo que hay que apoyarse en una racionalidad inserta en el derecho, pero no en una racionalidad autónoma exenta de moralidad o inmanente al derecho como preconizó Weber; la fuerza legitimadora debe provenir ahora de las exigencias de una fundamentación desde el punto de vista moral (Habermas, 1998). K. D. Apel y Habermas (*op. cit.*) proponen entender la argumentación moral como el procedimiento adecuado a la formación racional de la voluntad. Suponen que en la práctica argumentativa todo participante debe esgrimir sus mejores argumentos para convencer a los otros, partiendo de que todos los posibles afectados están en iguales posibilidades de argumentar a favor de la verdad, donde la única coerción que se puede ejercer lícitamente es aquella que comporte el mejor argumento.

Habermas en particular entiende que paralelamente a los procesos de argumentación al que todos los implicados tienen derecho por igual, debe darse un derecho fundamentado moralmente; un orden jurídico tiene que hacerse reflexivo sobre la necesidad de fundamentación que exige la positivación del derecho y, en el último de los casos tiene que posibilitar la institucionalización de procedimientos jurídicos abiertos y permeables a la fundamentación mediante discursos morales. El autor diferencia entre derecho y moral en términos de independencia; las normas morales al ser interiorizadas se vuelven autónomas acogándose al ámbito de lo privado. En el caso de interrelaciones entre sujetos hay que regular ámbitos sociales lo que no puede hacer la moral por sí sola, debe estar conectada con normas jurídicas concretas que no permitan inseguridades en su aplicación. Es decir que las normas morales no pueden cobrar para todos el mismo sentido de obligatoriedad por lo que son exigibles sólo si al mismo tiempo implican obligatoriedad jurídica.

El resultado es que se constituye una compensación a las debilidades de una moral única y autónoma tornándose vinculantes las expectativas de comportamiento por haberse institucionalizado mediante su conexión con el poder estatal. Ya no es el individuo quien tiene que hacer el esfuerzo por dar soluciones morales, sino que la responsabilidad recae en el legislador político y lo obliga a dar solución a conflictos de acción mediante normas del derecho positivo, teniendo como premisa constante la participación y aportaciones de la ciudadanía así como la posibilidad de derogar las

normas y sustituirlas por aquellas que mejor respondan a las necesidades de regulación de una sociedad en constante cambio.

De esta manera el derecho tiene dos vertientes funcionales según Habermas, por una parte ejerce posibilidades de autorregulación intersubjetiva en la medida en que emana de un acuerdo producto de la acción comunicativa entre agentes interactuantes; por otro la formulación de normas que constituyen un sistema posee su propia dinámica formal que establece puentes entre el sistema normativo jurídico, y los otros componentes del mundo de la vida institucionalizados que son la administración y la economía, cuyo lenguaje y posibilidades de comunicación son meramente formales. El derecho tiene la obligación de traducir ese código. A mi manera de ver, esta propuesta tiene una vertiente funcional más, aquella representada por la confianza que una sociedad puede depositar en sus representantes quienes en el ejercicio de sus funciones estarán siempre observando lo más justo para sus representados, por la propia mediación de estos últimos en los contenidos de las normas y aquí sí se puede hablar de que lo justo puede coincidir con lo bueno para todos.

Se requiere además fundamentar qué condiciones han de satisfacer los derechos que sean aptos para una comunidad jurídica y su autoorganización, y esa es la tarea de la sociedad actual, así como del sistema de derechos emanado de ella a través de sus legisladores. En el proceso de definición de las normas, sustentar que éstas queden en un plano representativo de la cultura lo que puede ser la posibilidad de compensación de una moral y sus debilidades. En este aspecto se entrelaza la obligación de una sociedad civil desarticulada pero que se espera trascienda tal situación y actúe en consecuencia, que despierte y haga valer sus derechos de libertad de acción para transformar las partes del derecho que no operan en su realidad por la evolución de la sociedad y de los avances técnicos que ésta misma comporta. En las sociedades modernas es necesario regular lo que ya se conoce; de lo que no se conoce prever normativamente aspectos tan relevantes de la técnica como la transformación de todos los seres vivos en el planeta incluido el hombre y sus implicaciones.

Decidirse por la ética ante cuestiones por reglamentar implica que se puede llegar a acuerdos en torno de lo que se quiere ser en individual y aquello que queramos ser en

plural, así se fundamentan las formas de vida compartidas donde se conserva la individualidad pero sin menoscabo de la justicia. Se pueden compartir los ideales individuales en el colectivo, como la problemática ecológica, porque son situaciones que se tienen que resolver para regular esa convivencia basada en una historia y cultura compartidas. Habermas señala. “los problemas ecológicos no pueden resolverse moralmente, sino que deben abordarse a partir de razones éticas y sobre todo estéticas” (Habermas, 1998:233).

Aunque el argumento moral pudiera resultar más abarcativo, en sociedades plurales y heterogéneas como la actual, no puede operar una norma moral porque el mismo autor aduce la diversidad de concepciones del mundo. Asimismo, en sociedades complejas puede que las alternativas para todos no estén disponibles porque las regulaciones propuestas afectan frecuentemente de manera diferenciada también a muy distintos intereses sin posibilidades de universalización de esas normas cuyo contenido es moral. Así, cuando se trata de cuestiones ecológicas, de protección al ambiente, a los animales, a minorías étnicas y culturales, son los discursos éticos los que pueden penetrar a través de intereses que generen desacuerdos, y tratar mediante el autoentendimiento de conciliar reflexivamente concordancias sobre la vida en común y las formas en que se regulará. Aquí dice Habermas que razón y voluntad se autodefinen porque los participantes en el discurso están permeados por una forma de vida en la que fácticamente se encuentran y no pueden salirse de ella sin tener que asumir las consecuencias de sus acciones.

Esta propuesta ofrece la posibilidad de trascender la visión antropocéntrica beligerante del neoliberalismo, donde el hombre es lo importante porque con él se puede establecer un contrato; donde los viejos y los niños no tienen igual importancia; qué se podría esperar en este tipo de relaciones para aquellas que se establecen con la naturaleza y de la responsabilidad de las generaciones presentes para con las futuras si todo se acuerda bajo conceptos utilitaristas. Posiblemente sea a través de la alternativa procedimental que se puedan conservar valores generales aun cuando ciencia y sociedad hayan cambiado tanto; es la vía de compatibilizar intereses económicos, laborales, financieros, con lo justo, lo ético y al mismo tiempo legal para que los avances de la

ciencia y la tecnología sean matizados y no comprometan el futuro de la humanidad.

En la sociedad mexicana contemporánea se prevé la necesidad de desarrollar un sistema de normas que permita a la vez que el desarrollo y continuidad del avance científico, la previsión de sus consecuencias. Porque las promesas de ese avance pueden transformar al mundo de ser utilizadas con la esencia de la propuesta procedimental. Ese trabajo científico y sus productos proyectan la solución de muchos de los problemas que aquejan a la humanidad, pero si al mismo tiempo conllevan la generación de riesgos y grandes consecuencias negativas para la sociedad en sus diversos ámbitos, lo que se requiere es generar un código ético con su complemento jurídico para que se ejerza realmente un derecho legítimo y legal; que contemple el seguimiento de la norma, así como su nivel de aceptación para evitar que se incurra en el desacato de la norma o la reparación de daños mediante multa o sanciones posibles de preferir por los actores sociales involucrados.

La visión de los antiguos griegos puede estar en consonancia con las necesidades actuales de restablecer la relación entre el hombre y su entorno. Para los griegos la relación no era de sometimiento de una a otra parte; estuvo orientada por el racionalismo en la utilización de los recursos bajo preceptos racionales de bien, el bien por sí mismo era el eje, es decir una mediación ética. Puede establecerse un puente entre esta visión de los griegos respecto de la naturaleza y la propuesta procedimental del derecho para transformar de fondo la perspectiva que actualmente domina entre los hombres en su trato con el entorno. Aunque las sociedades contemporáneas no compartan principios ni tradiciones culturales y la relación intersubjetiva se enmarque dentro de la persecución de fines no importando los medios, se avizora cierto acuerdo común de preocupación por el camino que tomará el mundo de seguir solamente extrayendo de la naturaleza y transformándola sin planificación ni medida.

Dado que compartimos el mismo mundo, las consecuencias también serán compartidas por todos; en este sentido el derecho procedimental ofrece la posibilidad de llegar a acuerdos entre los implicados, que somos todos, para definir una forma de administración de las relaciones no solo entre nosotros mismos, sino también las que obligadamente sostenemos con nuestro entorno. Sin embargo, es importante señalar

algunos puntos débiles de la propuesta. El derecho procedimental es una alternativa pero en sus variantes también presenta limitaciones: es sumamente conflictivo para una población nacional o mundial tan heterogénea y permeada de intereses disímiles coincidir en puntos fundamentales, ya no solo hablando de cuestiones culturales y de principios, sino fundamentalmente de intereses, es difícil coincidir, aunque tal vez no imposible. Por otro lado está la inmadurez política de la sociedad civil, quien no ha sido suficientemente enterada y conciente de sus obligaciones/derechos, lo que representa un problema para lograr la formación de la opinión y voluntad políticas y por tanto el ejercicio de la autonomía política en la definición de esos acuerdos normativos sobre su convivencia; en este proceso el éxito conduciría a la posibilidad de plantear acuerdos no solo intersubjetivos sino también sobre la problemática ambiental y sobre el manejo de los avances y productos científico-tecnológicos, que hoy día son objeto de gran debate entre la comunidad académica.

Las restricciones de carácter informativo, la responsabilidad de autoridades y académicos, son otros cuellos de botella que provocan límites en la participación y toma de decisión entre la ciudadanía, reduciendo la posibilidad de ejercer el derecho desde el enfoque procedimental. La naturaleza, aunque sea una de las partes en cuestión, está imposibilitada de definición, es decir si el acuerdo debe surgir de una base comunicativa entre las partes, en ese sentido no hay posibilidades acuerdo con ella ¿a quién se debe preguntar entonces?.

En ese mismo sentido, dentro de las corrientes procedimentalistas del derecho, Rawls tampoco ofrece perspectiva clara: los niños, animales y plantas no son sujetos con quienes se puedan establecer contratos, los cuales son la base en donde se asienta la propuesta. Es decir que las sociedades contemporáneas enfrentan cuestionamientos muy fuertes para encaminarse a una relación más equilibrada, tanto intersubjetivamente como en la relación que establecen con el entorno ecológico.

La elección de una ética que permee el comportamiento humano es enfrentar el reto de no aceptar el mundo como es sino domesticarlo a favor una forma más comprometida; no dejarse llevar por los imperativos económicos, históricos o políticos sino promover leyes que lleven a la transformación de su universo de acción. El mundo

en que vivimos *es lo que es* pero esto no tiene que ser definitivo, también *puede ser otro*, tal vez *el que debe ser*.

Colocados en esta situación, los ciudadanos no tenemos más que enfrentar las demandas que el entorno social donde nos expresamos exige. El reto es, mediando un discurso ético, promover la comunicación discursiva entre los que compartimos el espacio geopolítico y asumirlo con autenticidad. Para ello se requiere un esfuerzo informativo por parte de la comunidad académico-científica para que por su mediación un mayor número de afectados se integren a la discusión y planeación sobre el país que queremos. El papel del científico es relevante, su responsabilidad debe centrarse en el respeto por la vida en general y la humana en particular, así como hacer copartícipes, mediante la información, a los involucrados para que al ser poseedores de la información los ciudadanos tengan más elementos de juicio para la toma de decisiones. Los científicos en su quehacer deben obedecer reglas incluso no escritas y su comportamiento en general estar permeado por principios auténticamente derivados de la ética.

La convocatoria no debe restringirse al ámbito de los Estados-Nación, se deben trascender los límites en términos discursivos porque en la realidad se comparten los problemas y la comunidad mundial debe llegar a acuerdos de convivencia permeados por una responsabilidad cuyos niveles de expresión sean globales.

El ejercer una autonomía política individual, es decir el ejercicio de la democracia, tiene implicaciones determinantes sobre resoluciones de políticas y leyes que la sociedad en su conjunto está esperando. No es solo un derecho la democracia, es también la expresión de un deber. Los imperativos a enfrentar son la participación decidida en los procesos políticos que nos involucran, a través de la definición de normas que regulen la relación entre los hombres y también las necesarias para controlar el avance científico y sus proyecciones. Las aportaciones jurídicas en sus diversas materias, no han sido suficientes para controlar la puesta en marcha de proyectos que ponen en riesgo la seguridad de las especies vegetales y animales que pueblan el planeta; ese es el reto que tenemos que enfrentar promoviendo la corresponsabilidad en términos de grandes principios éticos, pero mediante una base jurídica que proporcione legalidad y obligatoriedad a sus destinatarios. Eso significa recuperar la conciencia sobre los

derechos básicos mínimos como el de libertad, ejerciéndola.

CAPÍTULO V. REGLAMENTACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

En este capítulo, dividido en dos partes, se tratan los aportes que se conocen en torno al cuidado de la bioseguridad en México y algunos ejemplos de desarrollos sobre la temática en la Región Latinoamericana, parte 1. Se realiza un análisis breve del articulado de los diferentes paquetes de normas, algunas con carácter de recomendación como es el caso de la NOM-FITO-056-1995, así como las que presentan una obligatoriedad más explícita, por ejemplo la Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas. También se analizan aquellas normas que contribuyen a cuidar algunos aspectos de interés de esta investigación como son las normas internas de las instituciones que realizan investigación biotecnológica.

En la parte 2 se revisan los reglamentos de otros países, particularmente de Estados Unidos y la Unión Europea, con la idea de establecer parámetros comparativos entre los reglamentos de nuestro país y los que se ejercen en países desarrollados; con Estados Unidos fundamentalmente por la conocida injerencia geopolítica que este país tiene respecto de México, sobre todo ante el TTLC y con la UE por la diferencia en perspectiva que se traduce en reglamentos con una mayor restricción a los procesos de ingeniería genética.

En los países en desarrollo la percepción de la biotecnología y de los riesgos que conlleva tanto la actividad misma como los resultados de la liberación de organismos modificados genéticamente en el medio ambiente, es muy distinta de acuerdo con el nivel de información que los gobiernos promueven entre la sociedad civil. Sin embargo, coincide para algunos países - principalmente del Sur- que a este punto no se le atribuye demasiada importancia, pues se encuentran ocupados en resolver cuestiones tan sencillas como la propia supervivencia, porque la salud, la alimentación, los servicios, el empleo y por lo mismo, el ingreso, constituyen asuntos de importancia mayor.

Tampoco hay o son muy pocos casos en los que existe la presión de grupos

sociales anticientíficos, ecologistas o antibiotecnologistas al gobierno para la instrumentación de mecanismos de supervisión y reglamentación de la biotecnología y de sus resultados. Inclusive como la información sobre el tema es muy restringida en su circulación, no se da lugar a la organización de grupos sociales que pudieran oponer resistencia a la actividad biotecnológica.

Por otra parte, la experiencia científica con biotecnología de cuarta generación en los países de Latinoamérica es todavía incipiente, hablando de sus instituciones de investigación oficiales, aunque en la investigación privada la situación es diferente. Las compañías transnacionales le imprimen un carácter de otro nivel a la investigación, ellos sí realizan investigación con el uso de técnicas de ingeniería genética en especial y de biología molecular en lo más general.

Algunos países en vías de desarrollo realizan actividades que implican a la ingeniería genética mediante sus centros de investigación oficial, como es el caso de México, no obstante, la experiencia de liberaciones de organismos modificados genéticamente (OMGs), es muy reciente aunque las compañías transnacionales tienen más experiencia en esto.

Ante tal situación, las reglamentaciones sólo se dan en muy pocos países. Según Barton (citado por Jaffé, 1992), eran solo unos cuantos los que habían puesto en marcha regulaciones o guías formales. La generalidad es que se apoyan en comités científicos que conducen las revisiones de liberación de productos de ingeniería genética caso por caso. Sugiere el autor que esta experiencia es adecuada para países como el nuestro, porque es un modelo a seguir donde no hay mecanismos de supervisión más estrictos, pero agrega que es necesario que esta estrategia haga participar a científicos experimentados que puedan, a mediano plazo, planificar la introducción de formas de supervisión adecuadas a cada país. Esto puede constituir una limitante para países pequeños y menos desarrollados por carecer de científicos de alto nivel, entonces propone se debieran apoyar en mecanismos de cooperación regional, aunque bajo el control político nacional.

La mayor parte de los esfuerzos de regulación en la Región han sido producto de la iniciativa de algunos grupos de científicos preocupados por la introducción de plantas transgénicas sin autorización en sus respectivos países.

“Una compañía transnacional realizó pruebas de campo a partir de 1989 con materiales de este tipo en campos de prueba de su propiedad en Guatemala, con la autorización del Ministerio de Agricultura. Aparentemente no se hizo ninguna evaluación del riesgo de esas pruebas ni se involucró a otro departamento en su autorización ... Otro caso se dio en México, donde compañías multinacionales han ensayado varias plantas transgénicas importantes, aún antes de que se creara el mecanismo de supervisión en 1990. No se hizo ninguna evaluación del riesgo de las liberaciones (Quintero, 1990, citado por Jaffé, 1992)

Hasta 1990, precisamente, aparecieron en escena de manera más sistemática los esfuerzos de regulación en México; antes fueron iniciativas aisladas que tuvieron lugar aproximadamente por 1988, lo inició la Dirección General de Sanidad Vegetal, con investigadores de INIFAP y CINVESTAV.

Al parecer, esta situación es efecto de la falta de una estrategia nacional de desarrollo de la biotecnología y de la investigación, no existe una correspondencia ni entre las necesidades o definición de áreas prioritarias de investigación en México, ni entre los avances en la propia investigación y su reglamentación, lo que ha permitido las pruebas de campo antes de la aparición de mecanismos de regulación.

Organizaciones internacionales involucradas en bioseguridad a nivel mundial

En esta década, y desde sus inicios, se presenta indudablemente una fase crítica tanto en el desarrollo industrial como en el tecnológico por los aportes que la biotecnología puede hacer en algunos rubros y está haciendo ya en otros. Este hecho seguramente tendrá un fuerte impacto en la sociedad y sus componentes. La organización de la producción y la orientación fundamentalmente dirigida hacia la ganancia es lo que ha caracterizado a los productos biotecnológicos, incluidos los transgénicos, modificando su estilo de producción y los propios productos. Una gran cantidad de estos productos no satisfacen las necesidades productivas de México y esto ahonda más la preocupación. Como ejemplo se tiene que grandes empresas transnacionales hacen investigación que se orienta el 57% en resistencia a herbicidas; 9% resistencia a insectos, bacterias y hongos; 4% resistencia a virus; 0% resistencia a estrés hídrico y la misma cifra para estrés salino.

(Gálvez, 1999; Ladrón de Guevara, 1999:3)

La realidad reseñada hace coincidir en la preocupación a algunas organizaciones internacionales por las repercusiones tan amplias de la biotecnología, máxime que en algunos casos de países dependientes son más los riesgos que los beneficios. La bioseguridad es un punto focal de esta preocupación, ONUDI se suma a ello y además de brindar asistencia para el incremento y mejoramiento de las tecnologías tradicionales, aborda los temas de bioseguridad y sus lineamientos en países en desarrollo, convirtiendo este en un programa más, como extensión del de biotecnología (Zelibor en Jaffé, 1992:60)

Igualmente, por el hecho de que muchos de los riesgos que implica la biotecnología y sus productos al ser liberados al ambiente tiene ámbito internacional, y porque sus alcances no respetan fronteras ocasionados por los desniveles en la regulación de los productos biotecnológicos en el mundo, se hace necesario establecer estrategias de cooperación para los países pequeños, aunque no se desarrolle este nivel de investigación pero que pueden ser sujetos de experimentación por compañías transnacionales.

Así lo han visto algunos organismos internacionales y se han dado a la tarea de elaborar mecanismos generales de regulación para ser aplicados igual en países desarrollados y no desarrollados, sobre todo en éstos últimos, mientras generan sus propios esfuerzos para regular productos de ingeniería genética. "La OCDE, el IICA y la OPS han adoptado este enfoque para América Latina y El Caribe, y se utilizan también en el orden mundial por grupos de trabajo entre agencias de las Naciones Unidas ... (que se han adherido a esta preocupación). La OCDE ha preparado dos documentos sobre el tema de bioseguridad: *Recombinant DNA Safety Considerations* (1986) y *Good Developmental Practices for Small Scale Field Research With Genetically Modified Plants and Microorganisms* (1990) (Jaffé y Zaldivar, 1992:25). Otros estados y organizaciones produjeron también Guías para el Uso y la Seguridad en Técnicas de Ingeniería Genética o Tecnología de ADN Recombinante (*Guidelines for the Use and Safety of Genetic Engineering Techniques or Recombinant DNA Technology* en 1988); y las Guías para la Liberación al Ambiente y el Patentamiento de Organismos Genéticamente Modificados (*Guidelines for the Release into the Environment and Licencing of Genetically Modified*

Organisms Recommended for Use in Latin American and the Caribbean, 1990) (Jaffé y Zaldivar, 1992:251)

Gran parte de los esfuerzos para la regulación de los productos de la biotecnología han salido de reuniones internacionales de científicos dedicados a la investigación en diversos países del orbe y de ahí han surgido grupos promovidos por organizaciones internacionales como el caso del Grupo Interamericano de Estudio de las Nuevas Biotecnologías (GIENBT) fundado en 1988 y organizado por la OEA, cuyo objetivo principal es desarrollar guías para regular la liberación al ambiente de OMGs, con la experiencia de cada uno en sus países y de acuerdo con sus necesidades. Como respuesta a las recomendaciones del GIENBT, se preparó una propuesta para ampliar y profundizar las actividades de bioseguridad en la región. Se trata de un proyecto general de apoyo que incluye diversas actividades que se desprenden de algunas necesidades percibidas por los científicos participantes. El proyecto incluye asistencia técnica a los países y organizaciones para el establecimiento de mecanismos de supervisión en bioseguridad, el entrenamiento de personal en este campo, la creación de mecanismos de recolección y difusión de información y la preparación y actualización de guías y códigos de conducta regionales (Jaffé y Zaldivar, 1992:262).

Zelibor (en Jaffé y Zaldivar, 1992:253) sugiere la necesidad de un código de conducta universal para la biotecnología, que constituya un estímulo a la confianza internacional para la reglamentación, comercialización y uso de la biotecnología. Asimismo considera que la cooperación internacional es crucial, no solo porque muchos de los productos serán comercializados a escala global, por un lado, sino porque los organismos transgénicos liberados no respetarán fronteras políticas.

La situación parece haber sido acogida con cierta preocupación positiva en el ámbito internacional y, sin embargo, las naciones individualmente no han hecho mucho por superar el problema; a la fecha son pocos los países que realmente tienen formas de regulación que involucren desde el desempeño de la propia actividad hasta los productos que genera.

La reglamentación biotecnológica en México

Como se señaló en el primer capítulo, la investigación en México en lo concerniente a ingeniería genética no se desarrolla en abundancia, es ejercida en instituciones de educación superior todas ellas dependientes del Gobierno, entre ellas la Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Investigaciones Biomédicas, CEINGEBI, Centro de Fijación de Nitrógeno); el Instituto Politécnico Nacional (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas y CINVESTAV Centro e Irapuato) y la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde particularmente se desarrolla investigación con técnicas moleculares sobre plantas de interés agronómico.

Aún cuando la actividad se practica en México, no existe una legislación nacional que atienda el área de ingeniería genética, propia y adecuada a las necesidades del país.

Aunque no haya un reglamento específico que regule la actividad biotecnológica en el ámbito oficial, cada uno de los centros de investigación sobre biología molecular posee un comité interno que revisa y evalúa los peligros potenciales de los experimentos. La UNAM tiene un comité general sobre bioseguridad que establece los lineamientos generales y recomendaciones sobre peligros potenciales y requerimientos básicos. En 1984 se establecieron Comités de bioseguridad basándose en los lineamientos del Instituto Nacional de Salud (USNIH) de Estados Unidos (Quintero citado por Jaffé, 1992:227). De hecho hay una red de bioseguridad que realiza reuniones periódicas a nivel interno e internacional. En dicha comisión hasta 1996 fungía como asesora la Dra. Amanda Gálvez, y las reuniones analizaban los avances en el área y las posibles repercusiones por la ausencia de reglamentaciones sobre la cuestión. Derivan también líneas de investigación producto de vacíos con posibilidad de riesgo, aunque no reportaron cuáles.

Las normas emitidas para la regulación de pruebas de plantas transgénicas sí es un trabajo que se ha realizado por el Comité de bioseguridad encabezado por la SAGAR, sin embargo como su nombre lo dice, sólo norma los productos de la biotecnología, pero nada tiene que ver con el proceso por el que fue obtenido el producto biotecnológico.

La secretaria de salud en la Ley General de Salud, modificada en mayo de 1997, expresa una serie de lineamientos. De hecho cuenta con comisiones para la investigación:

de ética para la investigación en seres humanos, así como para la bioseguridad y el cuidado en el uso de materiales radiactivos y de técnicas de ingeniería genética. El Título Cuarto trata lo relacionado con la bioseguridad en la investigación; dentro del capítulo II de ese mismo apartado trata sobre la construcción y manejo de ácidos nucleicos;

Art. 86 acerca de los niveles de contención y bioseguridad de la investigación en este rubro;

Art. 87 sobre los requerimiento de los laboratorios y;

Art. 88 que permite la experimentación con ácidos nucleicos recombinantes, bajo ciertas condicionantes: “ Se requiere autorización de la Secretaría para iniciar los siguientes tipos de investigación

I. Formación de ácido desoxirribonucleico recombinante derivado de microorganismos patógenos...material genético recombinante...

II. Construcción intencional de ácidos nucleicos recombinantes ...

III. Liberación intencional de al ambiente de cualquier microorganismos que porte ácidos nucleicos recombinantes ...

IV. Transferencia de resistencia a antibióticos a microorganismos que no la adquieran en la naturaleza, si tal transferencia pudiera afectar negativamente el empleo en medicina humana.

V. Experimentos con microorganismos con ADNr en cultivos mayores de diez litros, debido a que su contención física es más difícil ... a menos que las moléculas hayan sido caracterizadas rigurosamente y se demuestre la ausencia de genes peligrosos en ellas. Quedan excluidos aquellos procesos de carácter industrial y agropecuario...” (Jaffé y Zaldivar, 1992:236; Ley General de Salud, 1997:403).

Los procesos industriales nada tienen que ver con la legislación del sector salud, aunque gran parte de los fármacos sean obtenidos mediante esta vía. Por su parte, en los procesos de investigación del área agropecuaria, los que implican a la ingeniería genética tampoco se reglamentan a través de la legislación general de investigación en el sector salud y aparentemente esto sería correcto de existir un mecanismo regulatorio adicional en el sector agropecuario cuyo quehacer normara a la investigación biotecnológica agropecuaria, pero en los hechos no es así.

No hay una reglamentación de la investigación pero sí hay actividad investigativa en el sector y es desarrollada, no sólo por las instituciones oficiales de educación superior sino que también participa en esta actividad la iniciativa privada, principalmente de carácter transnacional a través de compañías con respaldo financiero multinacional con filiales en nuestro país. Los giros de la producción de las mismas es diverso: existen empresas que están abocadas a la investigación y producción en el sector farmacéutico y también las hay que desde hace varias décadas se dedican tanto a la investigación como a la producción de insumos agrícolas y pecuarios.

Entre estas empresas hay varias que han logrado registrar sus productos en México, son prácticamente únicos en la venta porque no hay desarrollo del área en el país. Estos hechos son los que han forzado la formulación de leyes para regir a las compañías dentro del país, aunque con frecuencia gran parte de estos procesos tenga lugar en otros países, con frecuencia son los de origen del capital de las compañías. Ya sea parcial o totalmente producidos en México, hay una serie de productos introducidos por varias compañías:

Productos	Empresa
Tomate antisense	Campbell's
Tomate (<i>Bacillus thuringiensis</i>) (Bt)	Campbell's
Tomate (B.t.)	Monsanto
Algodón (B.t.)	Monsanto
BST	Monsanto
TPA	Genentech
Insulina humana	CEIINGEBI/UNAM

Y algunos otros productos del área de fármacos como interferón y vacunas contra la hepatitis B. Como puede observarse la relación de empresas mexicanas encargadas de producir a base de biotecnología productos de aplicación directa es muy pobre con relación a las empresas extranjeras. De esta situación derivó la necesidad de instrumentar un mecanismo regulador y es así que se diseña, con apoyo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-FITO-056-1995**, mediante la cual se establecen los requisitos para la movilización nacional, importación (Diario Oficial, 11 de julio de 1996) y establecimiento de pruebas de campo

de organismos manipulados mediante técnicas de ingeniería genética.

En esta norma son establecidos los requisitos que deberá cubrir cualquier compañía, institución o empresa privada para la movilización de organismos modificados genéticamente, considerando desde luego la posibilidad del establecimiento de pruebas de campo para la posterior liberación al ambiente de dichos organismos. Se redactan algunos artículos en torno al proceso por el cual han de pasar los OMG. En relación a la Norma hay algunos aspectos que deben analizarse en este apartado.

“3. Especificaciones

3.1 Para liberaciones al medio ambiente y/o importación de productos transgénicos se requiere de un certificado fitosanitario. Para movilización interestatal se requiere que el interesado de aviso a la Dirección General de Sanidad Vegetal.” (Diario Oficial *op. cit.*).

En relación al certificado de autorización

“3.2.5 El solicitante elaborará una carta compromiso en la que se responsabilice del manejo o destrucción del producto, en forma tal que se evite su escape al medio ambiente una vez que concluya los ensayos, asimismo se elaborará una carta declaratoria cuando el hecho se lleve a cabo” (Diario Oficial *op. cit.*)

Es conveniente de señalar aquí que el proceso de manipulación de organismos obtenidos por técnicas de ingeniería genética, queda absolutamente en manos de la entidad, instituto, empresa o, persona física o moral que solicite el permiso y por lo tanto no hay seguridad en la observancia de medidas de control. Por otro lado, solo se solicita información, no hay forma de evitar la manipulación previo examen de los mecanismos utilizados para obtener ese producto. Parece ser que la revisión podría constituir un mecanismo burocrático en algunos casos ya que sólo se practica revisión de documentos y solicitudes por el Comité.

No hay laboratorios que puedan certificar que efectivamente se está trabajando sobre lo que la solicitud refiere. Se asigna un papel importante al criterio ético de las empresas, las cuales tienen intereses distintos de la seguridad, sobre todo si no es en su país de origen.

En cuanto a restricciones sobre el uso de los materiales, efectivamente, como no

se cuenta con mecanismos regulatorios efectivos: vigilancia, investigación e inspección mediante instituciones dedicadas a ese fin específicamente, lo más que se propone es sólo regular mediante el análisis de las solicitudes. La solicitud implica revisar el material transgénico en términos de patogenicidad, los vectores posibles, método de introducción del nuevo carácter -biobalística, electroporación, transferencia por *Agrobacterium tumefaciens*, etc.- posibilidades de transporte de polen por insectos, logística de la parcela y su manejo, destino de esos genes, su futuro y modificaciones ya en las plantas, interacción con semillas de parientes silvestres (Información proporcionada por el Dr. Antonio Serratos, miembro del CNBS de 1995 a la fecha). Si sucedieran imprevistos, la responsabilidad de aviso del incidente queda a cargo del responsable de la investigación:

3.2.10 La DGSV deberá ser informada si ocurre:

a) Liberación accidental del producto transgénico (durante las 24 horas siguientes)

b) Si el organismo manipulado o el organismo hospedero asociado presentan características sustancialmente diferentes a las enlistadas en la solicitud ... o de cualquier efecto no previsto en organismos para los cuales no estaba dirigido; se debe informar por escrito dentro de los cinco días hábiles siguientes al imprevisto”

Debe quedar claro que, en la medida que estamos aceptando como país la introducción de organismos modificados genéticamente de otros lugares del orbe, ya se están asumiendo de alguna manera los riesgos que pueden ser producto de estos eventos tanto en la salud humana como en la ambiental y su correlato en especies vegetales y razas animales silvestres o cultivadas, máxime cuando México y otros países latinoamericanos no cuentan ni con posibilidades de regulación de la investigación, ni con instancias que vigilen y hagan efectivo ese control. Tampoco, por su parte, se cuenta con investigación que avale la actividad.

Es muy probable que al final no se trate de diseñar mecanismos normativos ni reglamentarios de la actividad biotecnológica, el problema es que tampoco hay forma de hacer cumplir esas normas, pues su carácter es solamente a nivel de recomendación normativa y no de carácter legislativo que sería en su momento mas coercitivo.

Por otro lado ya existen en otros países en los que la biotecnología se desarrolla a

niveles de liderazgo, y en la propia región en la que se encuentra enclavado nuestro país, suficientes normatividades respecto de la actividad biotecnológica y parece ser que ese no sería el problema, sólo habría que reproducir ideas y ajustarlas a las condiciones específicas de cada país. El o los problemas se presentan cuando no media un espíritu ético en las acciones, cuando los verdaderos desarrollos no son logros nacionales, cuando la generación de resultados proviene de naciones industriales cuyo interés es promover sus productos bajo normatividades no tan estrictas como las de sus países de origen.

Además, esta normativa se refiere a lo que se va a introducir de materiales transgénicos vía fronteras, pero lo producido por filiales transnacionales dentro del país, lo que producen las universidades e instituciones de educación especializada, ¿cómo se norma? ¿cómo se regula?

Quiénes ejercen la actividad ¿cómo serán sancionados? Si ocurren imprevistos por negligencia, ¿quiénes lo determinarán? El desempeño de los científicos pagados por las corporaciones transnacionales ¿quién lo regula?, ¿cómo sabemos que su ética permea y se corresponde con lo que desarrolla?

En la idea del análisis de la Norma

“ 3.3.8 El certificado emitido es válido únicamente para liberación en campo y/o importación y/o movilización con objetivos de investigación o reproducción del material, éste no incluye la comercialización en México de productos transgénicos

A continuación se extraen algunos párrafos de los artículos que tratan casos de OMG, de manera similar a otros organismos vegetales en el trámite de importación:

“3.3.7 Los productos transgénicos deberán cumplir con los requisitos fitosanitarios de importación establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas sobre cuarentena vegetal según el producto agrícola de que se trate como frutos, semillas, material propagativo o flor cortada que se desee importar”.

Los trámites que se realizan en fronteras con estos materiales son realizados por personal de Sanidad Vegetal que no tiene la preparación científica requerida para el análisis de la información que se maneja, tampoco se cuenta con instalaciones adecuadas para el mantenimiento de los materiales en caso de requerirse el periodo cuarentenario. Adicionalmente, no se establece en la Norma la cantidad límite de los materiales a

importar y tampoco se señala quién puede determinarlo.

De acuerdo con lo anterior podríamos preguntarnos ¿Quién expediría los permisos para comercializar productos transgénicos en México? ¿Quién califica su formación, requerida para desarrollar tal función? No hay señalamientos que den respuesta y parece ser que la Norma queda desprotegida en sus funciones a resguardar por no contemplar este tipo de eventos.

Por último, para terminar con la Norma Oficial, es interesante revisar lo relativo a sanciones:

“5. El incumplimiento de las disposiciones contenidas en esta norma, será sancionado conforme a lo establecido por la Ley Federal de Sanidad Vegetal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización” (Diario Oficial, 11 de julio de 1996:54)

Este artículo no representa en forma alguna indicio de seguridad y que se evitarán las sanciones, que en su mayor parte son económicas; quienes decidan desarrollar proyectos no autorizados no van a echar marcha atrás, porque la ganancia será o tendrá una proyección a futuro tal que les garantice un mercado tan conveniente, que estén dispuestos a pagar las multas establecidas.

Será un proceso difícil de evaluar, porque los datos arrojados por las actas de verificación y dictamen emitidas por las unidades encargadas de estas actividades, tienen que ser presentados a la dependencia encargada de vigilar la norma; en este sentido debemos recordar que no hay procedimientos confiables si no hay instancias adecuadas a esas funciones, y que no las hay es un hecho.

Es evidente que no hay cultura de previsión de riesgos porque tampoco hay infraestructura para resguardar la seguridad ni mecanismos para contrarrestar eventos no previstos.

Aún cuando la bioseguridad en nuestro país está todavía en proceso y los reglamentos reconocidos oficialmente no responden a las necesidades normativas del país, es importante señalar que se ha enviado una **Iniciativa de Ley de Bioseguridad de Organismos Modificados Genéticamente** para reglamentar la producción de organismos modificados genéticamente así como su comercialización y transporte vía importaciones. La iniciativa surge de las filas del Partido Verde Ecologista (abril de

1999), a través de diputados representantes. La propuesta manifiesta la preocupación de la sociedad civil, que hace eco en sus representantes, por el giro que pudieran tomar los acontecimientos en torno de las importaciones de OMG y la actividad que desarrollan las transnacionales de la agricultura en México, mediante pruebas en campos nacionales con transgénicos. En cuanto a los contenidos se puede señalar que se ha ampliado el espectro de preocupación por el desconocimiento de hechos que pudieran propiciarse mediante el desarrollo de técnicas de ingeniería genética y de sus productos y su traducción en riesgos, así como el cuidado de fincar responsabilidades de manera más concreta. Respecto a este punto hay opiniones encontradas por la iniciativa del Partido Verde Ecológico, un miembro del CNBS asegura que esta propuesta no tiene fundamento científico y por lo tanto no sirve para reglamentar nada.

Paralelamente a lo anterior existe participación de México en el proceso de negociación del **Protocolo de Bioseguridad** a nivel internacional, donde 177 países trataron de ponerse de acuerdo -no lo lograron- en un protocolo general de bioseguridad para regular la comercialización y el transporte de estos organismos; la reunión se realizó en Cartagena, Colombia en febrero de 1999 y se han cosechado algunos frutos: la conformación de un comité multidisciplinario para la elaboración del Protocolo así como la asesoría a países que no tengan totalmente cubierto el problema mediante reglamentaciones. (Gálvez, A, 1999:8) Otros beneficios serán los derivados del manejo de los riesgos de los productos biotecnológicos de manera corresponsable. Según información del Dr. Agustín López herrera, decidieron realizar tres reuniones más, incluso al tratar de establecer la primera de éstas en Viena tuvieron problemas, parece ser que hubo bloqueo por parte de estados Unidos.

Ley Sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas

La forma que más se acerca a un proceso de reglamentación de la investigación con materiales de riesgo o productos de ingeniería genética es la que regula la Ley de Semillas, la cual en su artículo 5o. establece "Los interesados en llevar a cabo investigación de materiales transgénicos de alto riesgo, requerirán permiso previo y estarán sujetos a la supervisión de los trabajos por parte de la SAGAR"

Como su nombre lo indica, se refiere a todo lo relacionado con semillas y su

producción, sin embargo en sus objetivos señala que se ha modificado la Ley de Semillas para estar en consonancia con las necesidades actuales del país. Se pretende con ello dar cabida al desarrollo de investigaciones por la iniciativa privada “Remover los obstáculos legales, para dar paso libre a quienes quieran y puedan intervenir en la investigación y experimentación para el desarrollo de nuevas variedades ...” (Reglamento de Ley, 1993:13) y agrega

“Considerando la necesidad de adecuar el marco jurídico a los requerimientos del campo, con el fin de lograr el incremento de la producción y de la productividad ... evitando las disposiciones que hagan excesivamente rígida la aplicación de la ley... se deroga la Ley anterior...” (*Ibidem*).

Si no se entiende mal, hay cierta contradicción entre lo que se pretende regular y lo que se pretende promover, pero es la única reglamentación que controla la investigación con materiales transgénicos, aunque sólo los considerados de “alto riesgo” y esto no está bien definido porque se sujetará a los dictámenes técnicos que publique la Secretaría, no dice qué organismo los realizará, si participará el Comité de Bioseguridad, o algún cuerpo colegiado de científicos del ramo, etc.

Para esta Ley, los materiales de alto riesgo están definidos en tres categorías:

I. La producción de compuestos tóxicos para organismos benéficos al hombre y demás organismos vivos, capaces de alterar sustancialmente las cadenas biológicas

II. Los efectos de los genes que al escapar al medio ambiente y transmitirse a especies vegetales afines de uso comercial, silvestres o domésticas, originan el riesgo de producir nuevas malezas, aumentar la peligrosidad de las ya existentes, o bien aumentar la capacidad para dominar nichos ecológicos, con la posibilidad de ocasionar cambios significativos en la distribución y diversidad de la flora y de la fauna en tales nichos.

III. La presencia de genes que produzcan sustancias catalogadas como contaminantes del medio ambiente.

En esta Ley se sancionará a quienes infrinjan sus enunciados mediante un capítulo de infracciones, el III.

Art. 15. La Secretaría impondrá multa por el equivalente de mil a diez mil días de salario al que ... IV. ... haga investigación con materiales transgénicos de alto riesgo sin

contar con la autorización a que se refiere el artículo 5o (Ley de Producción, Certificación y Comercio de semillas, 1991:33).

La Ley de Sanidad Fitopecuaria y su Reglamento en Materia de Sanidad Vegetal tiene impacto, aunque poco, en la normatividad general porque en ella se establecen los lineamientos para dictaminar si un producto debe estar sujeto a la norma de cuarentena y algunos puntos más que determinan si un infractor es sujeto o no de multa y de qué tipo.

Reglamentación en el Centro de Investigación para el Mejoramiento de Maíz y Trigo

La experiencia que el CIMMYT ha desarrollado en su proceso normativo de la investigación de este tipo de materiales data de fechas recientes (1990). Han generado unas guías internas de operación para el manejo de materiales genéticamente modificados. La determinación en este sentido es que todos ellos se manejarán en condiciones de contención y aunque estén convencidos en ese centro de investigación de que la aplicación de la biotecnología puede tener un impacto importante sobre los programas de investigación de cultivos y puede proveer de beneficios a los países en desarrollo, siempre regularán y trabajarán esos materiales bajo las condiciones de menor posibilidad de riesgo.

Elaboraron unas guías cuya pretensión es la regulación de organismos modificados genéticamente tanto patógenos como de plantas exóticas. La aplicación de biotécnicas que incluyeran tecnologías de ADN_r para la modificación del genoma de las plantas, será usado en CIMMYT para la transformación únicamente de los cultivos que son su quehacer investigativo (CIMMYT International Guidelines, 1994).

Dentro de estas guías consideran cuatro categorías de bioseguridad dependiendo del nivel de riesgo de los materiales con los que trabajan; las dos primeras suelen ser sólo disposiciones generales de limpieza y protección; la categoría tres implica el manejo de patógenos de plantas y microorganismos; los organismos modificados genéticamente son competencia del Comité de Bioseguridad o del Director General del Comité.

El nivel cuatro corresponde con los niveles de bioseguridad más estrictos y no es requisito a cubrir por el CIMMYT ya que no se realiza investigación de ese tipo, pero se incluye en las guías en tanto pudiera ocurrir alguna contingencia en el futuro.

Todos los trabajos con OMG o con patógenos de plantas deben ser realizados dentro de invernaderos bien seguros y con condiciones de bioseguridad apropiadas, sólo personal autorizado podrá penetrar en ellos. Como medidas de seguridad en cada invernadero se colocan carteles en la entrada señalando los trabajos que se realizan, están cerrados todo el tiempo y tienen contenedores especiales para almacenar organismos vivos para evitar su diseminación. El polen de OMGs está restringido. También está prohibido el uso de microorganismos exóticos.

Cuando se utilizan microorganismos patógenos dentro de los invernaderos éstos pasan por un proceso de desinfección y esterilización; los instrumentos de trabajo no salen del invernadero, se trabaja con cubiertas y los materiales tampoco salen del invernadero.

Los permisos para trabajar con materiales transgénicos han sido expedidos por el Ministerio de Agricultura del país y consideran (CIMMYT Internal Guidelines, *op. cit.*) algunos cuidados especiales con los materiales, por ejemplo:

1. En campos experimentales está prohibido manejar plagas de plantas exóticas y otros microorganismos.

2. Las plantas transgénicas pueden ser usadas en experimentos de campo sólo bajo las siguientes condiciones :

- a) Plantas transgénicas en áreas restringidas y que no tengan cerca parientes.
- b) Prevenir la diseminación de polen
- c) Aislamiento de otras plantas para evitar transmisión
- d) Si necesitan las flores para experimentación cubrirlas antes de la maduración.
- e) Restringir totalmente las áreas, aislarlas

Tienen considerada la posibilidad de que el CIMMYT provea de materiales transgénicos, pero sólo después de haber sido probados para su liberación, incluyendo los de valor agronómico, caracteres verdaderos y expresión de componentes genéticos particulares. CIMMYT no distribuye los materiales si no los considera libres de riesgos. Antes de exportar los materiales transgénicos CIMMYT revisa los mecanismos de bioseguridad de los materiales en el destino propuesto para evitar el impacto negativo en el ambiente local y la exportación de materiales sólo se hará después de haber sido

aprobados los materiales, por escrito, citando la descripción, que fue obtenido con la garantía de las regulaciones representativas y de importancia en el país (CIMMYT Internal Guidelines, 1994:7).

Aparentemente este tipo de medidas no se practican en las universidades e institutos donde se realizan investigaciones de biología molecular y tampoco hay control estricto de las prácticas comunes en los laboratorios. Esto fue constatado mediante visitas a los centros de investigación, acceso que fue concedido sin mayor trámite.

Los reglamentos de Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea

La idea de presentar estos reglamentos no es con la intención de describir exhaustivamente cada punto de la legislación estadounidense, europea ni de Canadá. Es para establecer un parámetro de comparación entre lo que existe en México y lo que a nivel por lo menos del socio comercial más importante hay respecto a la actividad biotecnológica, porque en buena medida nuestro antecedente como país en lo relativo al tráfico de organismos modificados genéticamente tiene su correlato en condiciones que, los Estados Unidos principalmente, pusieron a nuestro país antes de la firma del TTLC. Independientemente de ello es difícil que se hubiera dado esa reglamentación. Sin embargo, también se debe señalar que se dieron intentos de esto con la participación de algunos científicos, pero sólo a nivel personal la participación institucional tuvo lugar después.

Adicionalmente se tiene la intención de analizar los reglamentos en sus principios fundamentales para ver qué es lo que está detrás de ellos y por qué mecanismos se regula esta actividad

Reglamentación de la biotecnología en Estados Unidos

En los Estados Unidos de Norteamérica, la biotecnología se ampara en la reglamentación ya existente, las normas de ejecución están publicadas en el Código Estadounidense de normas federales y ahí se contemplan las diversas actividades que pueden derivarse de los productos que la biotecnología genera, pero cuentan con algunas instancias orgánicas con características particulares que realizan distintas funciones.

En la mayoría de los casos las sanciones o la violación de las normas correspondientes tienen correlato directo en una autoridad legal y pueden consistir en castigos de diversos tipos que van desde los administrativos, civiles o pueden ser incluso penales, de acuerdo con las faltas en las que se incurra. Entre la sociedad estadounidense prevalece un ambiente hostil hacia la biotecnología, pero el gobierno ha procurado que su avance no se detenga, tal es el caso que este país es el más adelantado en cuanto a productos biotecnológicos colocados en el mercado por sus diversas compañías, producidos en el interior del país y también en otros países del mundo desarrollado y en vías de desarrollo.

Las instituciones implicadas tanto en la investigación biotecnológica como en su reglamentación son el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), con otra serie de instancias. El Agricultural Research Service (ARS), el Cooperation States Research (CSRS), **encargados de la investigación biotecnológica** el Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), El Food Service Inspection Service (FSIS) que son los **encargados de la reglamentación en biotecnología**. La Office of Agricultural Biotechnology (OAB) que **se encarga de las políticas y procedimientos de investigación en biotecnología** agrícola, la Federal Drug Administration (FDA). El National Institute of Health (NIH), **administra lo que tiene que ver con salud**.

Este organismo tiene el control de la actividad biotecnológica a través de un Comité Asesor sobre ADNr (el RAC, quien norma y otorga autorizaciones para desarrollar investigación con Ácido Desoxirribonucleico Recombinante), las pautas son obligatorias solo para lo ejecutado en Estados Unidos y para los que tienen financiamiento del NIH dentro y fuera de USA. La sanción más severa es la pérdida de apoyo económico.

El NIH, que supuestamente era muy estricto, convenció al Congreso estadounidense de que no se requiriera reglamentación especial para la biotecnología. Desde 1978, 1980 y 1981 se han realizado revisiones al NIH y actualmente son más liberales que en 1976 (Callis en Jaffé, 1992:116).

Las categorías de supervisión son 4: 1) aprobación de RAC y CIB; 2) aprobación solo en CIB; 3) notificación del CIB y; 4) experimentos exentos.

Actualmente no existen en general, prohibiciones, sólo se requiere aprobación del CIB y RAC para los siguientes experimentos con ADNr:

1. Formación deliberada de ADNr con moléculas tóxicas LD/50 en sus genes para vertebrados de menos de 100 ngr/kg de peso.
2. Liberación deliberada al ambiente de cualquier organismo con ADNr, excepto algunas plantas.
3. Transferencia deliberada a microorganismos de algún rasgo de resistencia a fármacos que no posean en estado natural.
4. La transferencia deliberada a seres humanos de ADNr, ADN o RNA derivado de ADN. Sin embargo estos requisitos pronto podrían ser eliminados.

Las principales instancias en la regulación de la biotecnología, generación de resultados, comercio de productos y la propia investigación, está en manos principalmente del USDA donde se “regula la investigación y los productos agrícolas para proteger los cultivos y el ganado de plagas y enfermedades. Plantas con genes de resistencia, bacterias con otros genes y demás deben obtener aprobación de USDA. Las solicitudes son tramitadas por el Servicio de Inspección de Salud Animal y Sanidad Vegetal (APHIS) de USDA” Callis en Jaffé y Zaldivar, 1992:118).

Por su parte FDA regula fármacos de uso humano y animal y productos de diagnóstico; controla que los alimentos y aditivos alimentarios sean seguros sometiéndolos a estudio continuamente.

Los permisos de pruebas de campo han tenido lugar en Estados Unidos desde julio de 1978, aunque ya estuvieran presentes desde antes pero con productos de nueva biotecnología y de importancia agronómica, fue a partir de la fecha señalada. “Entre julio de 1987 y mayo de 1990, el APHIS expidió 78 permisos para pruebas de campo ... otras 15 solicitudes esperaban respuesta. Se hicieron evaluaciones ambientales para cada uno de los casos de permiso. Entre la primera generación de permisos de prueba de campo - 21 permisos en 1988- la mitad fue de tolerancia a herbicidas en tomate y tabaco; el resto para resistencia, también de tomate y tabaco, a insectos, enfermedades y otras características. Para 1990, los experimentos fueron con arroz, maíz, papa y soya principalmente con una mucho más compleja gama de resistencias a enfermedades y otras

características” (Midley en Jaffé y Zaldivar, 1992:116).

No obstante que la OCDE tiene el papel de inspector de los desarrollos y cómo se están regulando en cada uno de los países asociados a ese organismo, cada país tiene poder de decisión en cuanto a las políticas que deberán regir en la marcha el proceso nacional. Así podemos ver que en Estados Unidos, aún cuando la OCDE ha prohibido una serie de experimentos con alteraciones de la herencia, estos experimentos se llevan a cabo en ese país, inclusive operan con las mismas leyes que regían desde antes de la aparición de la biotecnología y su fundamento está como sigue:

“Las mismas leyes físicas y biológicas gobiernan las reacciones de organismos modificados mediante métodos modernos, genéticas moleculares y celulares y los producidos por métodos genéticos clásicos. Los científicos tienen mucha experiencia en cuanto a los productos de las modificaciones clásicas; el conocimiento que así han adquirido es directamente aplicable a la comprensión, la evaluación y la toma de decisiones en relación con la seguridad o riesgo relativos a las pruebas de campo con productos obtenidos mediante técnicas de modificación molecular (Callis en Jaffé y Zaldivar, 1992:95).

De acuerdo con estos datos, puede verse en los reglamentos estadounidenses que predomina un ambiente liberal en cuanto a la percepción de los riesgos en los productos biotecnológicos. No se considera que los métodos genéticos clásicos pudieran alterar el genoma tan sólo con la selección de caracteres convenientes a fines comerciales o de productividad; en el caso de la nueva genética la selección no se queda ahí, continúa con la provisión de mecanismos de defensa no conocidos de manera natural en los organismos a los que se les confiere mediante métodos moleculares. Desde luego que no es lo mismo alterar un organismo mediante perfeccionamiento de caracteres específicos con cruza continuas que alterarlo de manera específica introduciendo directamente en su genoma la transformación que le puede otorgar grandes ventajas competitivas, sobre todo si se compara con los parientes no modificados.

En los Estados Unidos, ha habido un gran movimiento por el desarrollo de la biotecnología y ello ha promovido un buen nivel de participación del sector social en el análisis de los riesgos que acarrearía ésta de no ser legislada. También ha sido criticada,

tanto la legislación como las protestas, por científicos que ven disminuida su actividad por tanta reglamentación de la que es objeto. Empero en la década pasada en ese país ha habido un debate continuo en torno a la temática, lo que ha propiciado que la reglamentación esté sujeta a un proceso de renovación continua, pero ha llegado a liberalizarse de manera tal, que ahora los lineamientos para las investigaciones de laboratorio se tornan cada vez menos restrictivos, tan es así que el número de productos aprobados en la década pasada es vasto: La FDA ha revisado alrededor de 1000 productos; 350 de ellos se han aprobado (Miller, en Jaffé p. 175, *op. cit.*) y se debe considerar que no es todavía en los 80 el auge de la biotecnología en países como Estados Unidos; el verdadero desarrollo está en proceso de producción en esta década y las siguientes.

Algunos científicos estadounidenses ocupados en esta tarea aducen que reglamentar la biotecnología es un error porque entraña problemas difíciles de superar: “La biotecnología incluye numerosos procesos completamente diferentes ... los cuales producen una cantidad aún mayor de productos con muy disímiles aplicaciones ... por eso no puede legislarse de manera efectiva ... la diversidad de la biotecnología demanda que la regulación de tantos diferentes productos finales sea realizada por diferentes agencias gubernamentales porque a medida que varía el producto, varía la jurisdicción de la agencia. La diversidad de productos y sus aplicaciones constituye un argumento en contra de la utilidad de la legislación o regulación que intente cubrir aplicaciones no naturales como biotecnología, ingeniería genética o liberaciones voluntarias.” (Miller *op. cit.*:179). Otro argumento en contra de la legislación que ha venido surtiendo efecto, es que no existe diferenciación conceptual entre la modificación de plantas, animales y microorganismos mediante métodos clásicos y lo que se hace a través de técnicas moleculares que modifican el ADN y transfieren genes. Para ellos esto constituye un elemento para decidir legislar sobre los productos y no sobre los procesos, no debe importar el proceso por el cual fue obtenido, arguyen, porque la naturaleza del proceso no es un criterio útil para determinar si el producto requiere mayor o menor control (Miller *op. cit.*:187).

Hay que reconocer también que la legislación de Estados Unidos ha sido reducida

en su rigidez por la gran participación que tiene de la industria privada. Los capitales transnacionales tienen un gran peso en ese país y la biotecnología es desarrollada principalmente por ellos. Inclusive, la investigación biotecnológica agrícola debe su desarrollo en gran medida a las empresas del sector agropecuario privado estadounidense y las aportaciones en varios cultivos de interés para el mundo subdesarrollado han sido logrados por la investigación de estas corporaciones. Las licencias de liberación de organismos transformados genéticamente han sido concentrados por un número reducido de compañías: entre ellas están Calgene que tiene tiempo trabajando con tomate desarrollándole tolerancias a herbicidas -bromoxinil, glifosato, bromoximil- Gen antisentido de las enzimas poligalacturonasa y pectalítica; algodón tolerante a insecticidas, tabaco con *Bacillus thuringiensis* y tolerancia a glifosato. Monsanto: con tomate resistente a lepidópteros, al VMT, glifosato, delta endotoxina del *Bacillus thuringiensis* (Bt), VMT/VMTO, korstaki tolerante al Bt; papa resistente al virus x/y y enrollado de la hoja, glifosato, Bt; algodón tolerante al glifosato, Bt; Soya tolerante a glufosinato.

En la lista siguen otras grandes de la agroindustria como son DuPont, Sandoz Crop Protection, Agrigenetics Advanced Science, Northrup King, como las más fuertes en biotecnología agrícola y de participación a nivel internacional con filiales en países subdesarrollados.

Por otro lado, la opinión pública ha tenido peso en la reglamentación pero ha sido mediatizada con la creación de organismos que prevean y coordinen la actividad. Las posiciones que se manifestaron preocupadas por la prueba y liberación de organismos modificados genéticamente en el ambiente, señalaron los riesgos potenciales que entrañan en el presente y en el futuro los productos diseñados por técnicas genéticas y llegaron a amenazar el desarrollo de la biotecnología en Estados Unidos. Producto de ello surgió en 1985 el Nuevo Grupo Coordinador de Biotecnología (BSCC) cuyos objetivos, incluso después de tantos organismos especializados que controlan a la biotecnología, reiteran la preocupación de las repercusiones que las técnicas moleculares tendrán. Así señalaron como prioritario:

1. Identificar las lagunas de conocimiento científico,

2. Facilitar la cooperación entre agencias federales en relación con nuevos temas científicos,

3. Velar porque las entidades fueran consistentes entre sí a la hora de revisar procedimientos

4. Servir como foro para abordar problemas científicos, compartir información y desarrollar consensos.

La BSCC no revisaría solicitudes. La BSCC tiene representantes de NIH, EPA, USDA, Educación y Ciencia, y la National Foundation of Science (NSF).

Por separado, en 1986 fue creado el Marco para la Regulación de la Biotecnología (Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology, CFRB).

Finalmente, la política federal es la que define cómo se desarrollará la biotecnología. Hay algunos apartados de interés dentro de esta política que marcan el rumbo a seguir.

Los productos biotecnológicos no serán fundamentalmente diferentes a los productos convencionales.

Debe regularse el producto no el proceso.

Las normas deben basarse en el uso final y analizar caso por caso.

Se considera que las leyes existentes son suficientes para normar la biotecnología.

Existe el compromiso federal de promover y apoyar la biotecnología.

Cada dependencia está obligada a garantizar la protección de la salud pública de cualquier efecto perjudicial de la tecnología.

La definición de políticas lo dice todo para Estados Unidos, por ello de alguna manera esta disciplina ha progresado por la permisividad de las políticas generales.

Legislación en biotecnología en la Unión Europea

En Europa las experiencias de legislación constituyen un bastión importante para los antecedentes normativos de la actividad porque ha sido fuertemente controlada desde varios ámbitos. Uno de ellos es la propia unión europea de naciones que ha hecho señalamientos importantes para evitar daños en la vida animal y vegetal en general. Se puede decir que han sido suficientemente estrictos en su reglamentación y han prohibido en varias naciones tanto la experimentación con DNAr como la generación de productos

animales y vegetales mediante estas técnicas. Se rigen por la legislación general los países que están adheridos a la Comunidad, sin embargo hay algunos países que han desarrollado sus propias formas de normar a la biotecnología.

Los principios normativos tienen su base fundamental en la protección al medio ambiente, y han sido revisados continuamente por lo que implica a nivel de seguridad; desde 1957 se establece que la acción relativa al medio ambiente debe basarse en la adopción de acciones preventivas que tengan el cometido de preservar, proteger y mejorar el medio ambiente y la salud humana. Pero no es sino hasta 1987 y 1991 en el Cuarto Programa de la Comunidad Económica Europea (CEE) que por primera vez se le asigna una importancia especial a la mejor utilización de la biotecnología (Barahona en Jaffé y Zaldivar, 1992:203).

La CEE consideró que para posibilitar un desarrollo seguro, se precisa establecer ciertas medidas comunes para la evaluación y reducción de los riesgos potenciales que puedan surgir de la manipulación y liberación de OMG's.

En 1988 se define en el marco jurídico para la realización de biotecnología, la observancia de normas mínimas de operación para los que participan de esta actividad:

- Protección de los trabajadores frente a la exposición en los lugares de trabajo (lo cual implica normar el proceso),
- Protección jurídica a las invenciones biotecnológicas,
- Utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente

En abril de 1990 se agregaron dos más en las que se considera la protección a la salud humana y al medio ambiente. Esta declaratoria incluye la obligatoriedad del cumplimiento de las normas a todos los estados miembros de la comunidad y entra en vigor en octubre de 1991 (Barahona, 1992:204).

También en el caso de la entonces CEE, se tomaron como documentos base la experiencia en la legislación que propuso la OCDE. Los objetivos de la legislación están claramente definidos: Protección a la salud humana y el medio ambiente frente a los riesgos de esa utilización.

Hay una clasificación (Abril 90/219/CEE) de los microorganismos asociada con los riesgos: **grupo I de bajo riesgo y grupo II de alto riesgo**, de ahí se derivan:

Operación tipo A. Enseñanza, investigación y desarrollo que no tienen fines industriales y se hacen en pequeña escala.

Operación tipo B. Operaciones que se realizan en gran escala y diferentes a las de tipo A.

En la reglamentación 90/220/CEE, 23 de abril de 1990, están las siguientes consideraciones:

Establecer medidas adecuadas para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Proporcionar reglas comunes para la liberación de OMG's y la comercialización de sus productos.

Actuar "caso por caso" y "paso por paso", de modo que ningún producto de OMG podrá comercializarse en la CEE mientras no se demuestre que ha pasado por evaluación de riesgo para el medio ambiente fuera de la Comunidad. Si se trata de comercialización deberá existir acuerdo internacional para su puesta en el mercado. Reiteran que es necesario e importante tener la confianza de la opinión pública.

En cuanto al proceso de autorización, éste será más o menos rígido y va desde:

"1. La necesidad de llevar simplemente un registro cuando la operación de que se trata es de tipo A, con microorganismos de bajo riesgo, hasta precisar un consentimiento explícito de la autoridad competente para operaciones de tipo B con patógenos.

La Directiva también ha considerado la posibilidad de llevar a cabo consultas públicas a miembros para adoptar normas más estrictas.

Por otra parte, también la CEE estableció un importante número de instancias de colaboración para la biotecnología y diseñado normas nuevas cada vez que se requiera. Así apareció en 1981 un Programa de Ingeniería Biomolecular con carácter multinacional que se amplió y perfeccionó entre 1982 y 1988.

1982. Recomendación de que cualquier trabajo con ADNr, se notificará gubernamentalmente. Solo el Reino Unido y Dinamarca adoptaron las notificaciones obligatoriamente.

1984. Se revisan las políticas por un Comité de Conducción de Biotecnología. Se estableció la Unidad de Concentración de la Biotecnología en Europa.

1985. Se crea el Comité Interdepartamental de Regulación de la Biotecnología

con las funciones siguientes:

- Identificar leyes y disposiciones que regulen productos derivados de biotecnología
- Revisar normas
- Determinar si los controles son suficientes, si no actuar.
- Aclarar el campo normativo en cuanto a productos derivados de biotecnología.
- Revisar las guías para la investigación con ADNr.
- Garantizar coherencia entre los datos científicos para la evaluación de los riesgos, y
- Que se prevenga la duplicación de pruebas.

1986. La CEE preparó un proyecto de reglamento de la biotecnología

En 1988 emitió su Directiva 88/160/Syn, una propuesta para el uso de la microorganismos modificados y sobre su liberación al ambiente.

Los países miembros de la CEE, tienen la posibilidad de definir individualmente si legislan su quehacer biotecnológico como nación, pero siempre y cuando no contravengan lo establecido a nivel general por la agrupación de Estados Miembros. De ahí se deriva que cada nación ha elegido su propia forma de operar y son muy pocos los países que no tienen leyes propias, aunque sigan las normas generales; por ejemplo Bélgica, Italia, Suiza, Noruega y España.

Cabe señalar que algunas empresas europeas que se dedicaban a la investigación y producción biotecnológica han cambiado su actividad motivadas por la estricta reglamentación que tienen; Dinamarca y Alemania son ejemplo de ello, se les denomina “prototipos sobrerreguladores, porteros inflexibles que han evitado la salida de productos biotecnológicos” (Callis en Jafé y Zaldivar, 1992:97) Hay empresas europeas que han trasladado sus operaciones a países que sí permiten desarrollar biotecnología de cuarta generación. Entre ellas están Bayer de Alemania que ha trasladado sus centros de investigación a Estados Unidos; Novo Industria, llevó a Japón su actividad; Hoescht instaló también un centro de productos biotecnológicos en Japón; Wienaer Pharmazeutisch-Chemiche Fabrik, liquidó su planta biotecnológica y Abbot Diagnostics

ha pospuesto indefinidamente sus planes biotecnológicos (Miller en Jaffé y Zaldivar, 1992:188).

CAPÍTULO VI. LA BIOTECNOLOGÍA, LA BIOSEGURIDAD Y LA POSTURA DE LOS CIENTÍFICOS MEXICANOS

El presente apartado contiene los resultados que arroja un sondeo realizado entre algunos investigadores del país, seleccionados entre los principales centros de investigación biotecnológica, fundamentalmente aquellos que tienen trabajos relacionados con el sector agrícola o que podrían redundar en el mismo. Fueron elegidos de acuerdo con dos criterios : uno de ellos es el tipo de investigación que realizan -biotecnología de cuarta generación- o procesos moleculares y que sus trabajos tuvieran alguna relación con la problemática agrícola regional o nacional.

Los puntos esenciales que se abordaron giran en torno de la actividad que desarrollan, el papel que le confieren a la bioseguridad y la posibilidad de asumir una responsabilidad ética. además de las perspectivas que le atribuyen al proceso de investigación biotecnológica, con respecto de las necesidades del país en los aspectos investigativos y de posibles soluciones para la problemática agrícola y alimentaria del sector.

Por tanto, los subtemas que se tratan en este capítulo tienen una vinculación estrecha y se corresponden con la temática que fue objeto de las entrevistas. Se consideró conveniente reportar esta temática en tres apartados: 1) bioseguridad, conocimiento de las normas y la integración del Comité Nacional de Bioseguridad; 2) caracterización de la investigación biotecnológica en los centros visitados y; 3) perspectivas de la biotecnología y la bioseguridad en México.

Las instancias de investigación en centros de educación superior de carácter oficial visitadas fueron:

- Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán
- Centro de Integración Tecnológica de la UNAM
- Instituto de Biotecnología de la UNAM

Departamento de Biología Molecular de Plantas (Programa de Genética y Biología Molecular de Interacción Microorganismo-Planta)

- Centro de Fijación de Nitrógeno
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad: Irapuato
- Dirección General de Sanidad Vegetal, Dirección de Protección Fitosanitaria de la SAGAR en México, D.F.
- Centro de Investigaciones para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
- Confederación de Asociaciones de Agricultores del Estado de Sinaloa (CAADES)

Estas entrevistas fueron aplicadas a finales de 1993, parte de 1994 y principios de 1995.

Bioseguridad, conocimiento de las normas y del Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola

La bioseguridad la conceptualizan los científicos en dos aspectos fundamentales: bioseguridad para el manejo de materiales radiactivos en la investigación -como insumo para el desarrollo de las actividades-, y aquella relacionada con las prácticas de laboratorio en el uso de técnicas biotecnológicas de cuarta generación, o biología molecular que incluye a la ingeniería genética.

a) En realidad lo que más peso tiene entre los científicos y laboratoristas biotecnólogos es el aspecto de radiactividad por las implicaciones tan importantes que tiene en la preservación de la salud humana el uso de isótopos radiactivos como manejo cotidiano. En este sentido, siempre asignan un responsable de la bioseguridad radiológica en los centros de investigación y también existe coincidencia en los mecanismos de protección que utilizan. Los materiales radiactivos se entregan a un encargado del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), el cual puede ser miembro a la vez de la Comisión Nacional de Seguridad Radiológica y Salvaguarda Nuclear. Las licencias son expedidas por una Agencia Internacional de Energía Atómica con sede en México, D.F. y central en Viena, Austria. Este tipo de bioseguridad es tenido muy en

cuenta por los investigadores, pasan por conteo de isótopos periódicamente analizando sus placas personales.

Cuando una institución va a hacer uso de este tipo de materiales el proveedor exige la licencia, si no existe ésta, no hay material. Esta práctica de bioseguridad es la más antigua, desde 1930 aproximadamente en el país, entonces coordinada por la SEMIP. Las licencias fenecen a los dos años con una cantidad limitada de materiales, hacen inspección cuatro veces cada año y depende del equipamiento de las instalaciones para el otorgamiento de la licencia, además de la exigencia de participar en cursos de capacitación al personal que trabajará con isótopos radiactivos. Las instalaciones deben tener ciertos niveles de contención como puertas dobles, que cuando abren solo permiten entrar el aire, nada sale; y un equipo adecuado tanto para el personal -batas antirradiación- como de infraestructura.

Cabe decir que depende en gran medida del tipo de materiales que emplean, para la exigencia de las instalaciones y protección adecuadas; si se trata de cantidades pequeñas de radiactivos con los que trabajarán y poca frecuencia en su uso no se exige lo anterior y el material puede conseguirse entre las propias instancias de investigación.

b) Ahora, con respecto de la bioseguridad en biotecnología, para la mayoría de los científicos entrevistados, no representa una necesidad apremiante -sobre todo si se la compara con la importancia de la bioseguridad radiactiva-. Le confieren menor peso a este tipo de seguridad por el hecho de que no hay consecuencias perceptibles ni mensurables en el presente inmediato. Se considera que, por el tipo de investigación que se realiza no hay necesidad de ser estrictos ni imponer normas para la práctica biotecnológica común en las instituciones de educación superior. Le atribuyen menor peso porque no realizan trabajos de índole comercial ni industrial y su quehacer primordial, según sus propias declaraciones, es la formación de investigadores, cuadros calificados en el área.

Otro argumento esgrimido es que sólo la ingeniería genética justifica normar la actividad y como es muy reducido el número de proyectos que se desarrollan en esa área, no hay necesidad; inclusive dentro de las técnicas de ingeniería genética hay diferencias en cuanto a niveles de riesgo, en la opinión de los entrevistados. Se concibe que las plantas

más riesgosas son aquellas que tienen genes de resistencia a productos o sustancias, y la capacidad de producir tóxicos en su vía metabólica; los que sólo cuentan con genes introducidos con la intención de controlar la expresión de algún carácter o la regulación de otros, no tiene mucho sentido tratarlos como potencial de riesgo.

Parece que así como es vista la bioseguridad entre el mundo científico, puede decirse que se justifica que los esfuerzos para normar la actividad biotecnológica hayan sido producto de iniciativas individuales y no de las instituciones, porque si no se percibe interés en la sociedad civil y no se afecta la relación entre los miembros de la sociedad, por lo menos de manera aparente, las instituciones no invierten en el proceso. Sin embargo, por lo menos de manera formal serían quienes deberían encabezar la iniciativa de procedimientos legales normativos. Así, el intento de establecer normas para regular esta actividad provienen en su mayoría del exterior, por el contacto que inevitablemente tiene el quehacer científico con el sistema internacional de investigación. Ello por una parte, de otra por los acuerdos establecidos para intercambios comerciales en el ámbito internacional.

Los científicos tienen claro que la introducción de estos temas en agendas internacionales tiene estrecha relación con la perspectiva internacional de normalizar todas las actividades de las naciones insertas en el sistema. La incorporación de temas ambientales en las agendas de políticas internacionales han sido el eslabón para hacer germinar un proceso de regulación como el mexicano. Reuniones como la Cumbre de la Tierra y la Conferencia Mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente han puesto en la mesa de debate la problemática de la biotecnología y las repercusiones que puede tener en el desarrollo de la Región latinoamericana. Varios de los científicos entrevistados han tenido oportunidad de participar e incluso ser promotores del proceso de normalización de la actividad biotecnológica. El caso del Dr. Alejandro Blanco del CINVESTAV, Irapuato por ejemplo fue uno de los promotores con iniciativa de consolidar un grupo encargado de los aspectos de bioseguridad en el país.

Es evidente que los procesos de globalización que en la última década han caracterizado el intercambio entre las naciones, han promovido temas como la biotecnología y sus aportes al desarrollo así como sus implicaciones ambientales, que

aparecen en todas las reuniones internacionales. Fundamentalmente el Tratado Trilateral de Libre Comercio con América del Norte, así como la incorporación de México a la OCDE han sido los antecedentes de los cambios estructurales a que se ha visto obligado el país; dentro de este marco de responsabilidades.

El registro que los investigadores nacionales hacen de este proceso, ubica el nacimiento de una normatividad biotecnológica -que por cierto aun no cristaliza como tal-, en una relación estrecha de los mecanismos internacionales de normalización. De hecho, como prelude se realizó un curso internacional para establecer los lineamientos normativos en diciembre de 1988 en Maryland que fue financiado por la OEA y por los Estados Unidos. Los primeros resultados no fueron muy alentadores porque al curso no asistieron especialistas del área agrícola y se frustró la posibilidad de coordinar esfuerzos entre los investigadores biotecnólogos, que dicho sea de paso son en su mayoría biólogos con varias especialidades, químicos o médicos. Faltó la visión académico-técnica de los agrónomos (Rodolfo Quintero, información personal, marzo de 1995).

La visión generalizada, es que la promoción de estas actividades es debida a esfuerzos internacionales y las instituciones del país han tenido que responder sin mediar un proceso de convicción auténtico, sino sugerido por presiones externas. Por tanto la opinión se orienta al desconocimiento de las normas y a una apreciación muy limitada de su necesidad; quien la conoce expresa que se deriva prácticamente de una traducción de la norma estadounidense para productos biotecnológicos obtenidos por manipulación genética, sin embargo no ubican su utilidad en la actividad que ellos desarrollan, no encuentran la conexión. Previo a esto los intentos fueron individuales, aunque con apoyo institucional no directo, pero señalan que cuando se formalizó un grupo de trabajo sobre el tema, se convirtió en un grupo de poder que no propició el desenvolvimiento adecuado del equipo, no hubo espíritu de servicio y se diluyeron los esfuerzos.

Adicionalmente a la problemática de carácter político, el desconocimiento, la falta de información, diferencias en la conceptualización acerca de las actividades que requieren normarse, han sido aspectos muy restrictivos en el desarrollo de un sistema de normas a la actividad biotecnológica nacional. El sentir general de los investigadores es que efectivamente hace falta una estructura normativa, pero que ésta debe surgir de las

necesidades y condiciones específicas de México, como país que está apenas incursionando en el área. La situación internacional ha impuesto un ritmo que no ha sido suficientemente asumido por las autoridades, menos por los investigadores, aún los involucrados. El caso es que no necesariamente debe reglamentarse a ultranza, sino que se revise el tipo de actividad y que no se reúnan en un mismo conjunto de normas las actividades que desarrolla el científico nacional, con las que desarrollan las transnacionales de la agricultura, quienes desarrollan efectivamente un trabajo más intenso de investigación tanto en capital como en riesgos.

Recomiendan que donde sí se debe reglamentar de manera más estricta es sobre el tipo de pruebas de campo que se realizan y que se va a permitir sean fincadas en México, sobre todo de productos biotecnológicos de importación, porque aún cuando las compañías activas en este rubro cuidan mucho la imagen de la propia empresa, el aspecto ético de su comportamiento deriva no de principios morales, sino que se ajustan a las características del entorno en el cual se desenvuelven; así su desempeño se rige de acuerdo con lo permitido en el país donde se ubican, no incurren en la violación de normas ni de vigilancia, porque si algo no está normado o prohibido, está permitido.

La presión internacional, por su parte, sigue ejerciéndose para que la supranacionalidad persista en todas las actividades productivas, se promueve que los reglamentos y normas sean más o menos homogéneos, no solo para la biotecnología sino para todas las actividades en que tiene relación. El proceso es comandado por Estados Unidos (cuya normatividad es de las más laxas), y secundado por organismos internacionales de los sistemas OEA, IICA, OCDE, etc. Parece ser, según opinan, que la intención no es cuidar los intereses de las naciones convenientes, sino establecer marcos de acción que aseguren sus intereses y los capitales de sus compañías.

El Dr. Javier Trujillo, entonces director de Protección Fitopecuaria y coordinador del Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA), en entrevista, aportó algunos datos para poder estimar el comportamiento de las empresas transnacionales dentro del país y la perspectiva que podría inferirse. La compañía Campbell's a fines de los 80 realizó algunos trabajos con organismos manipulados genéticamente, México como país todavía no sabía que debía existir un proceso normativo que mediara tal actividad, pero la

compañía sí y se realizaron los trabajos. Probablemente eso se haya dado en otras ocasiones sin tener registro de ello; no había experiencia científica para inspeccionar estos trabajos, por tanto ¿qué podría respaldar una acción legal si no existe, en paralelo, un desarrollo científico adecuado?

Acerca del desempeño de las transnacionales de la agricultura, las experiencias sobre bioseguridad han sido diversas y, por ello, las razones que los científicos mexicanos entrevistados refieren, es la necesidad de establecer mecanismos normativos distintos en los procesos biotecnológicos, de acuerdo con las técnicas que se manejan y, en opinión de quien esto escribe, es una posición legítima pero deben tomarse medidas ya.

Un ejemplo: "Petoseed introdujo un tomate transgénico sin presentar técnico responsable de la actividad en campo; se sembraron dos hectáreas para obtener semilla, casi un mes después llegó una persona sin experiencia en manejo de plantas transgénicas a hacerse cargo del trabajo de campo. La Dirección de Sanidad Vegetal a través del Comité Nacional de bioseguridad **recomendó** la destrucción del experimento al delegado de la institución en Mexicali, B.C. La empresa no atendió a la recomendación continuando con el experimento. En este caso el delegado está facultado para destruir si es necesario, no lo hizo".

Disposiciones del Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola y proceso de información

Hay una reiterada opinión negativa acerca del comportamiento del Comité en el aspecto formal. Se opina que no ha establecido políticas claras para la relación con los grupos de investigadores nacionales. Ello ha propiciado una actitud de rechazo hacia el ala Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) y del Comité por consecuencia; se cree que hay un manejo inadecuado de los asuntos en conflicto: si el problema no es declarado oficialmente, no existe, aunque en los hechos así sea. Que hay una visión corta e incompleta de la bioseguridad y su problemática, que no hay claridad en las reglas, además de que son muy generales, y que la difusión de las mismas no se ha dado entre los grupos de investigadores involucrados en la temática. Este asunto evidentemente, reviste una importancia de primer nivel, y tendrá que ser revisado en la instancia correspondiente, que en este caso es la coordinación del CNBA, a cargo de la DGSV.

Por otra parte, entre los entrevistados, sólo una persona declaró conocer a los integrantes -por nombre- del Comité de Bioseguridad. La mayoría no hace contacto y no lo buscan porque no tienen actividades relacionadas con la bioseguridad o no sienten necesidad de establecerla. Sin embargo se expresa que no hay difusión de los trabajos del Comité e inclusive desconocen que hayan sido realizadas pruebas dentro del país, o que al momento de la entrevista pudiesen estar realizando pruebas por compañías transnacionales en México.

A este respecto, el Dr. Trujillo, comentó que nada de la actividad del Comité se difunde entre las instituciones de educación superior que realizan investigación en biotecnología, ni entre los grupos de investigadores importantes en el país, así como tampoco para las empresas transnacionales con filiales en varios estados del país. El argumento para no hacerlo: que puede ocasionar problemas porque la información puede ser utilizada fuera de contexto y así se conservan las razones que son vertidas en las reuniones sólo para manejo interno; sólo hay minutas producto de las reuniones y resultados de los análisis que realizan “caso por caso” y sobre solicitud expresa de quien quiere instalar un campo de prueba.

De hecho no reconocen requerir un encargado de realizar funciones de difusión porque no la hacen, la información solo circula entre los miembros del Comité y los solicitantes de permisos -instituciones o empresas. Este hecho lleva a la situación de que no hay crítica pública, ni de los científicos ni de la sociedad en general que desconoce la existencia, la trayectoria y la problemática de la biotecnología y la bioseguridad hoy en este país.

El Comité de Bioseguridad y el apoyo institucional

Uno de los principales problemas que enfrenta el Comité Nacional de Bioseguridad es que la participación de sus miembros depende estrictamente del interés personal manifestado para su integración al mismo; sólo cuentan con el reconocimiento de las instituciones a las que pertenecen pero no hay financiamiento para su labor. La conformación del comité originalmente fue iniciativa institucional -SAGAR, UNAM, INIFAP, CINVESTAV y SEDUE- que estuvieron coordinadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, puesto que abandonó después. Actualmente está integrada por

varios representantes de un número mayor de instituciones: el Dr. Jorge Nieto por el Instituto de Biotecnología de la UNAM, el Ing. Eduardo Benitez Paulín Director del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, la Dra. Laura Silva Rosales Investigadora del Depto. de Ingeniería del CINVESTAV, el Dr. Daniel Piñero del Centro de Ecología de la UNAM, por el Colegio de Postgraduados los Dres. Guillermo Carrillo Castañeda y Concepción Rodríguez Maciel, por la Dirección de Control Sanitario el Dr. José Meljem Moctezuma, por la UACH el Dr. Agustín López Herrera, el Dr. José Antonio Garzón Tiznado por el Campo Experimental del Valle de Culiacán del INIFAP, el Dr. Cesar Luis Villarreal Chávez por la Dirección de la Comisión México-Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa y otras Enfermedades Exóticas de los Animales, el Biól. Jorge Larson Guerra Asesor Director de la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y la Ing. Gabriela Vázquez López de la Dirección General de Salud Ambiental, por supuesto personal de la Dirección de Sanidad Vegetal, con la coordinadora, la Quím. Amada Vélez a la cabeza del Comité. El CNBA tiene una página WEB desde enero de 1999.

Por información de un miembro del CNBA, los datos que proporcionó la DGSV, es tal vez inexacta porque según sus informes también participan el Dr. Antonio Serratos del INIFAP-Valle de México; la M.C. Elvira Espinoza de la SSA. Agregó que a los Dres. Concepción Rodríguez, José Meljem M., y Cesar Villarreal; el Biól. Jorge Larson Guerra y la Quím. Gabriela Vázquez López, no forman parte activa del Comité.

Según información del Dr. Javier Trujillo, quien originalmente convocó a varias instituciones para la integración del comité, se integró el Comité ante la inminente llegada de materiales transgénicos al país -tomate de Calgene- que requerían permisos para operar desde la introducción al país, el transporte y para reproducir semilla al interior del estado de Sinaloa.

Con la problemática financiera que vive el país, se requiere de financiamiento para las actividades que desarrolla el Comité, así como también para la actividad que se genera entre sus participantes. Hasta 1995 no se contaba con recursos para aquellas que tienen que ver con los procesos de inspección, cada quien participaba de acuerdo con la disposición de recursos propios para las reuniones, o bien mediante apoyos que podían

conseguirse en las instituciones donde trabajan. La vía adicional de donde se obtienen los recursos es a través de las compañías solicitantes de los permisos, ya que éstas deben cubrir todos los gastos y trámites que se hacen para la autorización de sus permisos.

Hay actividades como seminarios, reuniones, y también las inspecciones de campo, que se realizan con ejecutivos de las empresas, si es necesario se invita a todos los participantes o solo a algunos, los más relacionados con el tema de interés; como la empresa está interesada en la autorización de sus pruebas es quien sufraga todos los gastos que generan estas actividades. Por lo general el trabajo es voluntario y depende de quien esté interesado en acudir.

Sin embargo, con respecto a la permanencia de los miembros en el Comité, la determinación la toma la institución, dependiendo del reglamento interno para tal fin. Se supone que para el grupo no asiste el individuo sino la institución a la que pertenece el mismo y quien en última instancia lo recomienda.

Por el hecho de que no cuentan con presupuesto, tampoco había procesos de capacitación al personal integrante, ni para el personal que estaba en las zonas de ingreso de los materiales de riesgo al país. Esto lleva a que no hay personal capacitado para la evaluación de los casos y lo más que se retiene un producto o material es la cuarentena si no hay permiso del Comité o autorización de la autoridad correspondiente. Asimismo sucede en la evaluación de los ensayos porque no hay investigación que respalde estas actividades. Existe la opinión de que el Comité y sus acciones son sólo respuesta a problemas, porque no hay posibilidades de hacer una evaluación dentro del marco científico-técnico más adecuado. Cuando no tienen elementos suficientes para tomar la decisión se alarga el tiempo de respuesta. Tan es un hecho lo anterior que la mayor parte de la responsabilidad del proceso se deja en manos de las compañías solicitantes y por lo mismo se confía en el actuar ético de éstas.

Tampoco existe un encargado oficial en el Comité que se responsabilice de las cuestiones que deriven en lo comercial de los productos de ingeniería genética. Aunque en el caso de alimentos sea la SSA la encargada, deberá preverse para los productos agrícolas. Ésto no ha sido objeto de reglamentación interna, aunque sí existe en el ámbito internacional y tal vez funcionaría en este caso como marco para la solución de problemas

pero, evidentemente no tiene el sustento que debiera de acuerdo con la situación en juego.

Agregado a lo anterior: no hay infraestructura de vigilancia para inspeccionar adecuadamente los procesos de prueba, los mecanismos son solamente respuesta a solicitudes y si no existe un antecedente de solicitud y se realizan pruebas, no hay regulación. De manera regular se atiende a las solicitudes aunque sí hay dudas respecto de que en la realidad se atienda a las disposiciones del Comité, como en el caso de Petoseed. Inclusive hay diferencias en cuanto la naturaleza de la regulación de acuerdo con el tipo de pruebas: si es de campo se inspecciona pero si es de laboratorio o de invernadero no se hace.

Es evidente que se torna difícil cumplir una misión sin recursos humanos capacitados, sin infraestructura y sin presupuesto. Ante esta situación los niveles de bioseguridad, su papel en la biotecnología así como los riesgos que conlleva, se ven matizados en los hechos.

Características de la investigación biotecnológica agrícola y su problemática en los centros visitados

La caracterización de la investigación biotecnológica en el país fue abordada de manera general en el capítulo I en el subapartado -La biotecnología y sus aplicaciones en México-, pero en este apartado se resaltan tan sólo los aspectos importantes que fueron observados durante el proceso de entrevista y la información vertida por los propios investigadores así como su relación con los aspectos de bioseguridad y la manera en que lo visualizan los científicos entrevistados. Fueron también tomados en cuenta para el presente, los criterios que han permeado la tipología de la investigación en las instituciones señaladas antes. Cabe señalar que al final del documento se presenta un anexo con la última información obtenida en 1998, cuyo contenido son las actividades actuales de los centros que practican biotecnología en el país.

Por lo general, la investigación que se desarrolla en los centros de educación superior del país, es de carácter básico y en algunos casos con tan solo alguna tendencia a incluir cultivos de importancia comercial y de aplicación tecnológica directa.

Las primeras entrevistas fueron realizadas con el interés de abordar la temática relacionada con el paquete de normas y la bioseguridad biotecnológica en el ámbito nacional; posteriormente y ante la perspectiva de conocer el por qué de la necesidad de una paquete de normas se auscultó sobre la investigación que se realiza en el país en los principales centros de investigación nacional, cuyo contenido y objetivos podría o no justificar la preocupación por la existencia de formas reguladoras de la producción biotecnológica.

CINVESTAV, Unidad Irapuato.

En este centro de investigación se realizó una entrevista al Dr. Alejandro Blanco además de un recorrido por los laboratorios. La inquietud principal de la entrevista fue conocer la opinión del Dr. Blanco acerca de la necesidad de las normas que regulen la biotecnología, así como captar su experiencia como miembro del Comité de Bioseguridad pionero en el país. Planteó la necesidad de la existencia de un paquete normativo y como se señaló líneas antes, surgió el Comité de una preocupación personal de algunos científicos nacionales. Reconoció sin embargo que el borrador de la propuesta de normas sólo se encuentra a nivel de recomendaciones, no era obligatorio su seguimiento. También reconoció que la difusión del documento y su circulación entre los científicos involucrados en la biotecnología no es el adecuado por lo que no hay compromiso definido de los mismos. Tampoco la comunidad nacional lo conoce. La preocupación del Dr. Blanco se orientaba hacia la participación de las transnacionales de la agricultura en México, por ello la necesidad de leyes, no de normas que regulen la actividad en general.

Los trabajos que desarrollaban en 1993-94 en el CINVESTAV-I, estaban relacionados con papa, jitomate, maíz y frijol modificados genéticamente, jitomate y papa en proceso de liberación, también trabajaban en mango. Los objetivos eran introducir resistencia a las diferentes manifestaciones de estrés en plantas y también la intención era incrementar la producción y protección en los cultivos. Se pueden catalogar como investigaciones integrales. Trabajaban en convenio con transnacionales en proyectos de carácter agronómico, pero hizo falta criterio técnico para tomar decisiones, pues se centraba el trabajo en seleccionar insectos, no plagas, para protección del frijol y aparentemente no pudieron continuar la investigación. Las técnicas más comúnmente

empleadas son cultivo de tejidos e ingeniería genética. Desde su perspectiva los grupos fuertes en ingeniería genética son el propio CINVESTAV, la facultad de Química y el Instituto de Biotecnología de la UNAM, menos representativos son el Colegio de Posgraduados y Ciencias Biológicas del IPN.

Problemática: de acuerdo con la aportación del Dr. Blanco el mayor problema que detecta es la necesidad de legislación y, ante la integración comercial, la invasión de productos es inminente por lo que insistió en el manejo de los riesgos a través de mecanismos regulatorios y se pronunció por un desarrollo mayor de la biotecnología para ser competitivos pero sin embargo reconoció que no había para ese entonces capacidad competitiva por el estado de desarrollo de la biotecnología. Recomendaba no exagerar en las tendencias al monocultivo para evitar la desaparición de materiales genéticos autóctonos, es decir no promover el uso de materiales obtenidos vía genética molecular exclusivamente. Preveía los riesgos mediante la polinización entre poblaciones genéticamente afines, de haber genes contrarios introducidos en su pila genética. Otro riesgo producto de un mal manejo de los logros, lo visualizaba en el patentamiento de la propiedad intelectual por tener las compañías transnacionales un mayor potencial real de producción de nuevos productos vía biotecnología. Asimismo tendrán la capacidad de adueñarse del germoplasma mundial.

INIFAP, Unidad Chapingo.

En este centro la entrevista fue realizada al Dr. Antonio Serratos, el 22 de marzo de 1995. El Dr. Serratos era miembro del Comité de Bioseguridad (CNBA) por parte de la institución donde labora. Por el hecho de colaborar en el CBS conocía bien la situación de las normas y la participación institucional en el mismo. Relató su experiencia acerca de la conformación del CNBA: ante la entrada inminente de materiales transformados genéticamente por la compañía Calgene, quien hacía la solicitud de realizar pruebas de campo con los materiales producidos, la Dirección General de Sanidad Vegetal convocó a las instituciones para que enviaran un representante; según su opinión es necesaria una mayor participación financiera de las instituciones o del propio gobierno a través de las mismas para apoyar la participación de sus investigadores.

El Dr. Serratos comentaba que aún cuando estuvo en proceso de evaluación

jurídica el propuesta de borrador de la norma, era insuficiente para regular la trascendencia de los productos biotecnológicos. También percibía la necesidad de formar personal en el área de manejo de riesgos y sobre la propia detección de éstos; de realizar investigación proyectiva y no autorizar liberaciones mientras no se prevea el tipo de riesgo a enfrentar y cómo solucionarlo, es decir para tener una evaluación completa de los procesos. Señalaba que por ser México un país donde la impunidad y falta de respeto a las leyes es una forma de vida, debe haber mayor cuidado cuando no existen lineamientos claros para el comportamiento de las empresas; según su opinión se requiere un paquete normativo con calidad de ley y también una rectoría precisa del Estado, así como apoyo institucional y coordinación eficiente.

Respecto de su experiencia en el CNBA señala que al no haber personal capacitado para la evaluación de los riesgos, se confía más en las declaraciones de las compañías. Calgene y Ciba han mostrado preocupación por el seguimiento de las normas aún no publicadas.

Problemática: el Dr. Serratos detectó la ausencia de crítica pública por la falta de difusión de la actividad del CNBA, donde se toman decisiones de gran relevancia nacional e internacional. Ante la falta de personal y de capacitación del mismo, no hay seguimiento adecuado a los procesos de prueba; falta coordinación institucional eficiente; no se ha generado suficiente información sobre la contraparte a los aportes de la biotecnología en el terreno de los riesgos; falta una campaña informativa para el público en general y; por falta de recursos no hay personal preparado para hacer frente a los riesgos e incluso al seguimiento de las pruebas en campo; con las características de la norma conocida hasta ese momento, se requiere de legalidad y sanciones a los infractores, algo que no existe todavía. Ante lo expuesto preveía perspectivas pobres para la bioseguridad en México.

Universidad Autónoma Chapingo

En Chapingo son por lo menos cinco departamentos de enseñanza e investigación donde se realizan actividades relacionadas con la biotecnología.

Suelos: desarrollan proyectos con técnicas microbiológicas en maíz

Parasitología: con la intención de obtener materiales resistentes a patógenos,

tienen trabajos utilizando técnicas de marcaje genético

Zootecnia: lo más relevante son los trabajos sobre transplante de embriones en varias razas.

División de Ciencias Forestales: realizan una clasificación de embriones de gimnospermas, buscando una mayor rapidez en el crecimiento

Fitotecnia: este departamento es el que se encarga de una cantidad muy amplia de proyectos dividido en cuatro líneas fundamentales:

1. Cultivo de células, tejidos y clonación de especies económicamente importantes. Estos trabajos se practican en especies ornamentales (gerberas, crisantemos y orquídeas); hortícolas (jitomate, tomate, y papa); frutales (tejocote, manzano, durazno, pera, marañón, litchi y kiwi); medicinales (cancerina, tepezcohuite, ginkgo y sávila); industriales (café, vainilla y agave).

2. Obtención de plantas libres de patógenos. Trabajos con papa, fresa y uva.

3. Mejoramiento genético. Obtención de plantas haploides a través del cultivo de esporas y de polen. Fusión de protoplastos, aislamiento, cultivo y fusión para obtener híbridos somáticos. Lo anterior aplicado a algunas de las especies y variedades ya señaladas.

4. Transferencia genética y empleo de marcadores genético-moleculares. Se aplica a ornamentales para pigmentación en crisantemo. También se experimenta con garbanzo, frijol y maíz.

Problemática: Investigadores de la Universidad de Chapingo han trabajado cercanamente con algunas instancias del INIFAP, del Instituto de Biotecnología de la UNAM y del CINVESTAV; de hecho en este último trabajan agrónomos egresados de esta universidad, sin embargo no ha habido continuidad en los trabajos y frecuentemente se participa solo en el nivel de obtención de materiales base, como semilla de algunos cultivos de importancia nacional.

En lo que se refiere a bioseguridad, si hay una gran inquietud, en el Comité de Bioseguridad Nacional colabora desde hace aproximadamente cuatro años el Dr. Agustín López Herrera.

Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán

Igual que se señaló antes, el principio fundamental de la investigación, también en este centro, es básica aunque tienen líneas de investigación variadas que contemplan trabajos con algunos cultivos comerciales de importancia regional; entre ellos se encuentran cítricos, agave, sávila, cocotero, cempazúchitl, además de plantas medicinales: *Datura stramonium* y *Catharantus*, para la extracción de alcaloides de interés farmacológico.

Las líneas de investigación que actualmente proporcionan direccionalidad al quehacer científico son:

Cultivo de tejidos: Propagación y mejoramiento genético

Biosíntesis de metabolitos secundarios (elucidación de vías metabólicas) para colorantes y alcaloides

Los criterios de selección de la investigación están definidos por la importancia regional que tiene algún cultivo en el aspecto comercial; se orienta la investigación hacia los problemas con posibilidades de solución tecnológica; también realizan investigaciones por solicitud de alguna compañía. Por ejemplo trabajan con varias empresas regionales desarrollando algunos trabajos biotecnológicos; con BIOQUIMEX, Q. Roo, realizan estudios en cempazúchitl y plátano; con la empresa Tequila Cuervo, clonación y detección de materiales sobresalientes que funjan como progenitores de generaciones futuras de agave tequilero, (tenían 300 Ha de material para reproducción con productores agrupados de Yucatán).

Hay también trabajos con henequén, buscando una mayor productividad y rapidez de crecimiento; producen hijuelos con plantas propagadas *in vitro* pero no trasladan a campo, sino los utilizan como progenitores de líneas mejoradas. La mayor parte de los trabajos se realizan con productores privados que pretenden dar nuevo impulso a la línea de henequén.

Relación con otras instituciones de investigación

Tienen proyectos en convenio con CINVESTAV Irapuato, en este centro se desarrolla la parte molecular. Con la Facultad de Química de la UNAM, coordinan actividades de formación académica para sus posgraduados.

Han establecido convenios de colaboración con universidades de Estados Unidos

y Canadá para la investigación de *Datura*.

Problemática

Detectan poca aceptación de los productores de la región para trabajos contratados, solo los citricultores, tequileros y henequeneros han accedido a sus propuestas. Sin embargo hay tratos con empresas de capital extranjero

Por otro lado, respecto de las empresas nacionales, parece ser que no hay mucho interés por hacer uso de los paquetes tecnológicos que ofrece el CICY, generados ahí; no sucede así con las empresas de capital extranjero: L'Oreal financia un proyecto para investigar sobre plantas que producen colorantes. Este proyecto se desarrollará durante tres años y será evaluado anualmente.

Debe señalarse que han trabajado en la canalización de financiamiento por vías diferentes a la Federación. Tienen muy buena relación con el Gobierno del Estado desarrollando trabajos sobre la problemática ecológica.

Señaló el director del Centro que tienen propuestas tecnológicas ya acabadas, como el caso de alcaloides de interés farmacológico encontrados en *datura*; la salida tecnológica está en posibilidades de ser totalmente aplicada pero, hasta la fecha (enero de 1995), no había todavía una empresa del ramo que hubiese manifestado interés.

Respecto a bioseguridad, están conscientes de la necesidad de establecer normas mínimas de control y, por los trabajos que desarrollaban, consideraron no relevante en ese momento para su centro de trabajo desarrollar normas de operación distintas de las que regían en ese momento, que eran más de cuidado higiénico, además de que lo relacionado con materiales radiactivos, lo trataban directamente con un comisionado del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Señalaron que la Dirección de Sanidad vegetal era de muy difícil trato y no tenían relación con el Comité de Bioseguridad.

Instituto de Biotecnología de la UNAM

En esta instancia fueron entrevistados investigadores del Programa de Investigación sobre Biología Molecular y Bioquímica de Virus.

Las áreas consideradas son Biología del Desarrollo en Animales, Virología y Salud.

Líneas de investigación:

- Interacción Planta-Microorganismo
- Estrés Ambiental
- Desarrollo en Plantas y
- Control biológico

Utilizan los modelos tradicionales en investigación experimental biotecnológica (tabaco y *craterostigma*), para probar mecanismos de resistencia a estrés hídrico, salino y térmico en maíz y frijol. Los intereses de búsqueda en la investigación son variados, pero fundamentalmente en lo relativo a estrés, manejan plantas con resistencias genéticas probadas a algunos factores estresantes, por ejemplo trabajan con genes de amaranto que confieren resistencia a algunos factores desfavorables del ambiente; levaduras para resistencia a salinidad aislando sus genes y trasladándolos a maíz; con *craterostigma* también llamada resurrección, es una planta que aún en estados de deshidratación importantes se registran en ella signos vitales, su genoma es trabajado para aislar los genes definitorios de esta característica para insertarlos en cultivos de interés comercial.

La línea Biología del Desarrollo se orienta hacia el conocimiento más profundo de los cultivos de maíz y frijol, sobre todo el caso del frijol en su relación con bacterias fijadoras de nitrógeno, es un aspecto fundamental de sus investigaciones. La labor de esta línea está caracterizada como de base, conocimientos fundamentales para echar a andar otros niveles en la investigación. No obstante los investigadores de esta línea han incursionado en los aspectos de transferencia de tecnologías a productores de la región con trabajo en frijol y cacahuete, principalmente entre productores de Xoxocotla, Mor.

Los criterios de selección de las líneas de investigación y proyectos que les dan cuerpo se asocian con el interés personal que cada investigador tiene, aunque también son tomados en cuenta factores del medio internacional, de la investigación de punta en la temática en países vanguardistas. Poco, sin embargo, tienen que ver las necesidades de conocimiento y manejo de algunos cultivos de interés nacional. Su visión es que tiene que hacerse investigación semejante a los desarrollos que están siendo obtenidos en el extranjero, y principalmente investigación de base porque la investigación con características comerciales, más temprano que tarde la desarrollarán las empresas privadas.

La intención es establecer otros centros de investigación más especializada. Tienen proyectos prácticamente en marcha para establecer un gran complejo de investigación en Querétaro, Qro., y cuando sea un hecho entonces sí piensan será posible iniciar otras líneas que tengan más relación con los aspectos productivos del país (Entrevista con el Dr. Miguel Lara).

Contacto con otras instituciones. Por el carácter que le confiere ser la máxima casa de estudios, este centro se ha visto muy favorecido en el aspecto de financiamiento y relaciones tanto nacionales cuanto internacionales.

Con CINVESTAV conjuntamente desarrollan genes de cloroplastos y aquellos que están asociados a los procesos de maduración y desarrollo de organelos.- Estos proyectos tienen carácter personal, no institucional.

Con países como Holanda, España, Francia y Estados Unidos trabajan sobre cultivos de interés nacional e internacional -alfalfa para transferir sus genes a frijol -por ejemplo- Los apoyos proporcionados por estos países son en parte económicos y en otra para cubrir estancias de investigadores en el extranjero para realizar alguna etapa del proceso experimental. El propósito de las instituciones financiadas tiene más relación con la resolución de problemas en el sector agropecuario y productivo, así como los de ciencia básica. Cada institución decide qué apoyar.

Una sección importante es la de Genética y Biología Molecular

La interacción entre bacterias y plantas es la base de estos trabajos.

Las líneas:

- Relación Planta-Microorganismo
- Respuesta de Plantas a Estrés Ambiental
- Patógenos

Las plantas con las que trabajan son *craterostigma*, amaranto, maíz, *arabidopsis* y tabaco, en las que se aplican técnicas de ingeniería genética.

Las técnicas usadas incluyen áreas como biología molecular, celular, bioquímica y fisiología celular. Son trabajos de investigación básica que buscan entre sus objetivos: determinantes de competencia, capacidad de fijación de nitrógeno, interacción con la planta, factores de selección, esto entre bacterias y plantas de *leucaena* y frijol con

bacterias del género *Rizobium*.

Relaciones con otros centros.

Con INIFAP para el programa de frijol; con CIAT Colombia, CONACYT, Agency International for Development USA y con Universidades de Stanford, California, Leyden de Holanda y otras de la Unión Europea.

Los criterios de selección de la investigación se definen por el estado del campo de interés a nivel internacional, conocimiento de frontera y propuestas de interés personal, además de estudiar algunas plantas en peligro de extinción. La investigación es de nivel básico principalmente.

La opinión respecto de bioseguridad es prácticamente la misma que las anteriormente expuestas por científicos de otros laboratorios, dependiendo de la actividad que desarrollan es el nivel de cuidado y lo relativo a radiactividad también en el mismo sentido.

Centro de Innovación Tecnológica

El CIT empieza a hacer investigación recientemente y la investigación que aquí se realiza tiene características más de perspectiva que de desarrollo de líneas científicas determinadas. Sin embargo, hay un proyecto que ha obtenido logros importantes que tiene que ver con la producción de bacterias que metabolizan insecticidas, *Bacillus thuringiensis*. El Proyecto estaba a cargo del Director del CIT, el Dr. Rodolfo Quintero

El CIT en realidad empieza a hacer investigación biotecnológica en su relación con aspectos de bioseguridad y políticas.

La postura de quien representaba esta institución en marzo de 1995 - el Dr. Rodolfo Quintero-, es de que a pesar que existía cierto buen nivel de apoyos para la investigación en el país, no se manifestaba un nexo entre el sector productivo agrícola nacional con el de investigación. Se señala que la metodología de la investigación puede clasificarse como de punta, pero el problema es que los objetivos que dirigen esa metodología están errados; no se identifican los verdaderos problemas a ser resueltos vía biotecnología, y así distribuir los recursos a corto, mediano y largo plazos, acorde a necesidades.

Visualizan el origen de esta situación en la carencia de un principio rector del país

y sus actividades sustantivas; no se reflejan todavía los cambios que puede generar una política de investigación en el país. Otra consecuencia, es que un gran porcentaje de la biotecnología nacional sigue patrones de la biotecnología del exterior por razones diversas: 1) porque es lo que se premia a nivel nacional; 2) prevalece el individualismo en la toma de decisiones, y; 3) no hay vinculación entre los sectores productivo y de investigación. Así, al considerarse al investigador como ente independiente en su elección, priva una libertad que no resulta fecunda para la solución de los problemas que aquejan al país.

Perspectivas de la biotecnología y la bioseguridad en México

La opinión de los científicos entrevistados respecto a las perspectivas que se avizoran para la biotecnología y su desarrollo en el país, presenta varias aristas, además de varios puntos de convergencia de la problemática, sobre todo, en lo relativo al potencial que presentan algunas áreas y su influencia en la resolución de problemas dados en el sector agrícola nacional.

La opción para estos problemas, en opinión de los investigadores, no está precisamente en la biotecnología más reciente -ingeniería genética-, o por lo menos en plantas transgénicas; el cultivo de tejidos y sus diversas técnicas ofrece posibilidades de contribuir de manera más adecuada a los problemas actuales.

Por ejemplo sugieren las técnicas siguientes con sus propósitos directos:

- Micropropagación de plantas, para especies de interés comercial y aquellas en extinción , tanto forestales como comerciales
- Condicionamiento fitosanitario para generar variedades sanas
- Sexado de plantas dioicas
- Semilla de alta calidad
- Desarrollo de kits de diagnóstico para pruebas rápidas en materiales de importación y exportación
- Rescate de germoplasma para multiplicación
- Producción de plántulas de valor reconocido para comercializarlas

Con técnicas de ingeniería genética recomiendan tan sólo promover trabajos que busquen

la estabilidad y resistencia de las plantas a diferentes tipos de estrés y no así para otro tipo de resistencias que implicarían mayor riesgo en su manejo, como las que producen toxinas. Recomiendan sobre todo evaluar el aporte real que éstas tendrían a la solución de la problemática agrícola, con respecto de los riesgos que se contraen al manejarlas y su producción para un país como el nuestro. No es nada nuevo lo que proponen los investigadores, en un trabajo publicado en 1992 *-El cambio tecnológico en el desarrollo rural* de Sepúlveda, G.I., estas recomendaciones ya se visualizaban.

Pero no es fácil asumir estas recomendaciones. Para que esto pueda tener efectos positivos deben observarse una serie de consideraciones de diverso carácter que son las premisas determinantes del proceso:

- Establecer políticas claras que orienten la actividad de acuerdo con los problemas a resolver, aspecto que puede estar ya en proceso de corrección mediante la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica
- Promoción de la preparación de técnicos de alto nivel también de acuerdo a necesidades concretas
- Facilitar los intercambios entre biotecnólogos y agrónomos, porque ha sido un punto débil en la coordinación de esfuerzos
- Que la ciencia básica se encadene a la ciencia aplicada y ésta se oriente por la problemática agrícola
- Evitar la dispersión y duplicidad de esfuerzos entre instituciones e individuos

La problemática reseñada puede sufrir un cambio de fondo poniendo en práctica los lineamientos generales expresados en los capítulos I y II, artículos que van del I al XIX del capítulo II de la **Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica**, aparecida en el Diario Oficial apenas en mayo de 1999, donde se cuida tanto la definición de prioridades en los proyectos acorde a necesidades nacionales, orientaciones de apoyos financieros, origen utilidad de la investigación y beneficiarios, regulación en términos de salud, ambiente, ética, avance en frontera del conocimiento, mejoría de la calidad de vida, participación del sector privado etc. Sin embargo sigue haciendo falta delimitar claramente el tipo de proyectos a promover, cuáles con precisión, son los de prioridad nacional.

Respecto a las perspectivas de la bioseguridad en México

El tema de la bioseguridad y sus perspectivas es manejado por los científicos desde varios ángulos, que en síntesis se concentran así:

- Hay un cierto rechazo al establecimiento de normas, aunque reconocen la necesidad de establecerlas
- No conceden reconocimiento formal al Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola
- Todos, hasta marzo de 1996, desconocían las normas emanadas del Comité
- Para la mayoría hace falta un proceso de conceptualización de la bioseguridad que respalde al Comité
- Desde el punto de vista de la investigación que se realiza, consideran innecesarias las acciones que tiendan a normar la actividad
- La visión sobre bioseguridad se cree que es para otros países, hay una visión corta e incompleta para México
- Identifican la necesidad de recibir información sobre las actividades del Comité
- Sugieren que sea definido un paquete de normas para la biotecnología de importación que aunque existe, tiene un alcance limitado y no contempla los procesos de comercialización
- Que se asignen recursos financieros para el desempeño operativo del Comité de bioseguridad vía presupuesto de la Federación
- Identifican a los miembros de Comité como quienes buscan no un interés científico común sino de cotos de poder
- Que se promueva la generación de líneas de investigación prospectivas de riesgos producto de la biotecnología para apoyar aspectos normativos científicamente
- Se requiere de un cuerpo jurídico adecuado que apoye las necesidades del CNBA

De acuerdo con lo observado hasta el momento en que se realizó el análisis de esta información, puede preverse un futuro no muy promisorio para la bioseguridad en el país; ninguno de los entrevistados hizo énfasis en los aspectos ético- científicos ni de su participación desde este enfoque en la producción de riesgos. El científico se considera actuando en un ámbito de derecho y sólo registra alguna preocupación por la participación de las multinacionales de la agricultura en la introducción de transgénicos al

país, principalmente porque las expectativas que el Tratado Trilateral de Libre Comercio estableció han sido superadas por la realidad, más aún cuando los procesos de previsión y planificación en México no son parte de la cultura individual, menos aún de grupo o del país.

Se ha manifestado una gran preocupación por organizaciones internacionales como Greenpeace, e incluso de los legisladores, ante la inexistencia de instituciones vigilantes de la comercialización de productos transgénicos, resulta que ni la SEMARNAP ni la Secretaría de Salud tienen injerencia en las decisiones a este respecto. La SSA sólo está en posibilidades de extender un certificado de autorización para la importación y consumo de este tipo de productos.

El gobierno de México ha conformado una delegación intersecretarial ante el Grupo de Trabajo del Protocolo de Bioseguridad cuyas funciones están encaminadas a la Reunión de Cartagena, de donde deberá surgir un protocolo común de la región, coordinado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e integrado por las secretarías de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Relaciones Exteriores, Salud, Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, y Comercio y Fomento Industrial, pero pese a las reuniones que han tenido no han dado a conocer la postura de las autoridades respecto del protocolo. La respuesta viene del ámbito académico donde se han desarrollado acciones tendentes a hacer del conocimiento, por lo menos entre el círculo universitario, acerca de las repercusiones por descuidar la bioseguridad en el país: en 1996 y 1997 se han dado seminarios sobre reglamentaciones de bioseguridad. Conabio, en 1998 realizó un encuentro entre investigadores del área de ingeniería genética, biología molecular y ecología. (Greenpeace, México, 1999:53)

No obstante estos esfuerzos, se requiere una mayor atención a este problema no solo de grupos de académicos interesados. Se hace necesaria la información a la sociedad en general porque se tendrá que enfrentar este debate con un mayor conocimiento y porque los asuntos de las agendas internacionales consideran entre los de mayor relevancia los transgénicos y sus repercusiones en todas las manifestaciones de vida.

CAPÍTULO VII. REFLEXIONES FINALES

La investigación biotecnológica nacional

El nivel de la investigación biotecnológica en el país, por sus propias características, no está en posibilidades inmediatas de trasladar sus resultados o sus productos de investigación hacia la industria y convertirse en una nación autosuficiente y autodeterminante en el área biotecnológica. Sin embargo la infraestructura con que cuenta sí presenta posibilidades de cristalizar los resultados en la resolución de algunos problemas que actualmente enfrenta el agro mexicano. Desde esta perspectiva, es necesario señalar que aún en la consideración de que la investigación actual no refiere determinantemente trabajos con ingeniería genética, sí se realiza ésta y además se cuenta con la infraestructura inicial para trabajos de esta talla. La certeza de que puede desarrollarse ingeniería genética, conduce a analizar la actitud que los científicos del país han asumido con respecto de su nivel de responsabilidad dentro de un marco ético-moral. Se detectó en el proceso de entrevistas que no hay una conciencia ética establecida, sensible, ni racionalización de la dimensión y repercusiones de su quehacer. El hecho no puede ser atribuible a una actitud irresponsable ni mercantilista de los científicos mexicanos, mas bien se trata de cierto nivel de desconocimiento y desestimación justa de los riesgos que pueden producirse en el proceso de investigación y en la generación de productos biotecnológicos que posiblemente irían al mercado, ellos en cierta forma están satisfechos de su labor y se consideran actuando en términos de derecho y libertad de acción en la investigación.

Defienden por su parte, la individualidad en la elección de los trabajos a desarrollar, lo que lleva a la necesidad de analizar qué tanto representa, en beneficio del país, esta libertad de acción en la decisión sobre la investigación a desarrollar, en un país donde se requiere fundamentalmente planificación y jerarquización de los problemas para

su posterior intento de solución. Probablemente este problema sea analizado y solucionado en el marco de la **Nueva Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica**⁷ que regirá la investigación oficial y privada en el ámbito nacional emitida por el Ejecutivo Federal, quien a través del Foro Permanente de Ciencia y Tecnología, órgano autónomo de consulta del Poder Ejecutivo (Cap. V, Art. 23 de la Ley) está a cargo de la formulación de políticas y programas de investigación científica y tecnológica, para impulsar la investigación de relevancia nacional y por sectores. No obstante la posibilidad de controlar las líneas de investigación prioritarias para el país, esta iniciativa aún se desconoce y el tiempo que se destine a su difusión y puesta en práctica de la ley y su reglamento será el que coloque en desventaja o ventaja a algunos proyectos que sí están dirigidos a enfrentar la problemática de la agricultura nacional. Finalmente, representa una forma de regular la investigación de manera organizada y en correspondencia con necesidades nacionales. La vinculación con la industria está considerada en el tenor de hacer concurrir fondos de la industria y establecer convenios claros de participación con ella tanto en los aportes económicos como respecto de los resultados de la investigación.

Por su parte, la infraestructura tanto física-material cuanto de recursos humanos, evidentemente puede representar un importante bastión del desarrollo de la biotecnología nacional y del sector agropecuario. La mayor parte de la investigación nacional tiene sustento en el nivel básico de la misma y, en ese mismo sentido, en la formación de cuadros técnicos de grandes perspectivas para, en el mediano plazo, enfocar los esfuerzos hacia una problemática añeja del sector y del país. Sin embargo, ese futuro parece todavía lejos de nuestro alcance porque se requiere una modificación profunda del sistema de investigación nacional para lograr influir en él mediante la definición de las políticas generales rectoras de la actividad investigativa y también de la productiva, las cuales en

⁷ Al revisar la Ley el CONACYT deja de ser coordinador central de la actividad investigativa en el país y el Foro Permanente de Ciencia y Tecnología con participación del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República, la ANUIES, la Academia Mexicana de Ciencias y la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico. El Foro será quien establezca lineamientos y convenios para desarrollar actividades de investigación conjuntamente con las secretarías de estado susceptibles de involucrarse en ésta como la SEP, SHCP, SEMARNAP, SEMIP, etc. pero bajo coordinación del Foro permanente de Ciencia y Tecnología. Diario Oficial de la Federación, mayo 21 de 1999.

última instancia están muy conectadas.

Aunado a lo anterior, es necesario tomar en cuenta que la investigación con carácter básico - en su mayor porcentaje la que se realiza en el país-, además de que no responde a necesidades concretas del sector, no tiene una relación de correspondencia con la investigación aplicada desarrollada por la industria, con lo que el problema se magnifica. Si en los hechos toda investigación básica es precisamente el cimiento sobre el cual se edifica la investigación aplicada, esto representa posibilidades de que la investigación sea en el futuro desarrollada por las instituciones de educación superior, en coordinación y apoyo con la industria nacional, hecho que ha sido la clave del progreso en el área dentro de los países líderes. Parece que esa será una de las vías para desarrollar la biotecnología agrícola en el país hasta la obtención de productos, empero se precisa modificar un gran número de factores intervinientes en ese proceso.

Se vislumbra la necesidad del establecimiento de nexos concretos vía convenios de colaboración con la industria nacional, donde la industria provea de recursos para la investigación básica de las universidades, y el sector oficial en general, aprovechando la infraestructura y recursos humanos ya existentes y pueda tener acceso a los resultados de esas investigaciones. La investigación del sector oficial se vería favorecida por la captación de recursos frescos, por los resultados de investigación y por la formación de cuadros técnicos. Sería una manera coherente y deseable de ir construyendo un futuro común en la investigación acorde a nuestra realidad.

Sintéticamente, la situación nacional puede ser caracterizada por los indicadores siguientes:

Desvinculación del científico nacional respecto de la problemática política, económica y productiva

Las instituciones de investigación que operan con recursos federales y aportaciones internacionales, no establecen vínculos con el problema del sector porque el presupuesto sigue llegando vía las fuentes señaladas

Los estímulos a la investigación privilegian las que se publican en revistas de circulación internacional aunque poco tengan que ver con la problemática nacional

La necesidad de participar interdisciplinariamente porque los científicos

biotecnólogos agrícolas son en su mayoría no agrónomos

Las políticas de investigación no están, todavía, coordinadas con la situación real nacional, es más ni siquiera existen en lo formal y sólo se delinean ahora en la Ley de Investigación, pero lo habitual era mediante los estímulos y apoyos financieros que se otorgan a los investigadores del país a través del Sistema Nacional de Investigación.

La Nueva Ley propuesta mediante la cual se regulará la investigación en nuestro país, está en proceso de difusión en las instituciones oficiales, hecho que retarda la definición de líneas nacionales de investigación prioritarias en general y del sector agropecuario en particular.

Los puntos críticos señalados que caracterizan a la investigación del país, convergen en una actividad investigativa de élite que camina detrás de las líneas establecidas por la investigación internacional y evidentemente este país no puede darse esos lujos, sobre todo ante un entorno de crisis generalizada y prácticamente de carácter permanente.

A decir de los propios científicos nacionales, la investigación biotecnológica no tiene grandes desarrollos en ingeniería genética y no tiene futuro en la producción aplicada, entonces debe orientarse hacia otras áreas que sí pudieran contribuir efectivamente a la solución de necesidades inmediatas. De esa forma el potencial biotecnológico debiera orientarse hacia las propuestas señaladas¹ con cierto futuro en el campo del cultivo de tejidos. La ingeniería genética, hay que ubicarla como una investigación de frontera a la cual no debe dejarse de lado porque puede marginarse al país de los adelantos científicos internacionales, es decir por propia seguridad, pero no establecer los trabajos con ella como prioritarios en el entorno investigativo.

Paralelamente al cumplimiento de las premisas anteriores, es necesario establecer vínculos más estables, productivos e institucionales entre los profesionales de la agronomía y los científicos biotecnólogos, porque se ha señalado como uno de los principales problemas en la definición de trabajos de investigación con enfoque resolutivo

¹Revisar el Capítulo II, págs. 161-162

y de aplicabilidad directa, la falta de comunicación entre estos profesionales, ya que no se ha logrado una visión real de la problemática de la agricultura; los grupos fuertes en biotecnología son de formación distinta al área agronómica y su visión está delimitada por ello. Es necesario establecer un proceso de interlocución entre los agrónomos y los biotecnólogos por tradición.

Otro aspecto interesante de señalar es el hecho de que el conjunto de dependencias oficiales relacionadas con el sector agrícola mexicano están desvinculadas de la actividad que realizan las universidades, en el sentido de destinar apoyos específicos para el desarrollo de áreas de interés determinadas, así como tampoco hay visión rectora de Estado que vincule adelantos con problemas concretos. Probablemente haga falta establecer una red nacional que exhiba los progresos pero también las necesidades de los diversos sectores de la producción.

Respecto de la normatividad

Aunque el nivel de la biotecnología que se realiza en el país, fundamentalmente por instituciones de investigación superior, no posee el grado de avance necesario para obtener productos biotecnológicos destinados al mercado nacional, menos internacional, lo cual entraña menores riesgos que en los países líderes, sí se detecta la necesidad de establecer un sistema normativo que regule la actividad en cuestión. En la Norma Oficial Mexicana, que regula la importación y movimiento de organismos y productos de ingeniería genética, todavía se ven huecos promotores de riesgos, sobre todo para los procesos no controlados que desarrollan las transnacionales de la agricultura, más aún cuando se regulan sólo los productos y no los procesos de ingeniería genética, dejando al arbitrio y control de las compañías la responsabilidad de la mayor parte del proceso.

Se precisa iniciar los trabajos para formular un documento de normatividad más amplia, tomando como punto de partida las experiencias hasta la fecha y dictar normas de control de la actividad práctica de las instituciones de educación superior, así como de las industrias que trabajan con organismos genéticamente modificados y operan en el país. Es claro que países como México, por razones geopolíticas, están obligados

circunstancialmente a definir normas de acción por seguridad propia y no en obediencia a disposiciones externas, que son necesarias para proteger el ambiente nacional, la seguridad alimentaria y la salud de animales y vegetales, incluido el hombre.

Para lo anterior, es evidente que se requiere de la comprometida participación de las autoridades, con una visión más totalizadora de la problemática, pero incluyendo el apoyo de los involucrados; en un principio de los miembros de la sociedad que están directamente implicados, los que realizan biotecnología, pero con la mira a incorporar a la sociedad civil en este trabajo. Una vía inicial para llevar a cabo esto, se sugiere que sea a través de la instrumentación de actividades informativas o de divulgación, en términos de establecer una comunicación real, bilateral, tanto para con los personajes involucrados del mundo científico, como con las autoridades de las instancias correspondientes y, obviamente con la sociedad civil.

Las normas desde el punto de vista de la ética

Se vislumbra la necesidad de cambios en la sociedad, más profundos que los reseñados líneas arriba, a fin de restaurar el conjunto de principios y valores que sirva de marco para el desempeño de los miembros de la misma. La validez a la que las normas pueden aspirar depende en este caso de la potencia de los argumentos que se exhiban para ello, del establecimiento de redes comunicativas entre la sociedad civil, el mundo académico y de sus representantes; de una capacidad real de regular la actividad de una materia dada vía atributos del derecho pero en el sentido de la propuesta procedimental, donde es condición fundamental la participación de los involucrados para la definición de las normas de convivencia, así como ser conscientes al mismo tiempo de sus derechos y de sus obligaciones, en un marco efectivo de ejercicio de la democracia. Así se estaría en posibilidades de obtener tanto el reconocimiento de las normas como la obediencia general, sin embargo, depende también de la restauración de las instituciones y la preocupación por establecer un orden de intercambio más equitativo; ello no depende solo de la sociedad civil, por muy combativa y vanguardista que ésta sea, es necesario además modificar los estilos de negociación entre los subsistemas al interior de la nación y también extenderlo hacia los sistemas mundiales.

Se hace referencia al hecho de que la base de la propuesta procedimental es la argumentación en discursos públicos, de la cual emana, en última instancia también la validez de las normas, por el hecho de que nuestra sociedad requiere de alternativas novedosas y efectivas para regular la convivencia actual de los agentes sociales, cuya característica es la búsqueda de intereses individuales últimos menoscabando en muchos casos los intereses de los demás. Justamente es contra lo que va el derecho procedimental. Trata, mediante el procedimiento en la formulación de las normas, de garantizar que los individuos que conforman una sociedad, a través de la argumentación expongan sus razones y defiendan derechos individuales, procurando en el proceso llegar a acuerdos colectivos, situación que evade el perjuicio de los intereses del resto, porque el acuerdo ha sido general y lo que ha ganado en todo caso son las mejores razones. Adicionalmente se requiere que las normas jurídicas contengan mecanismos vinculantes a través del complemento moral de las mismas, así al mismo tiempo que no pierde la posibilidad de coerción legal, adquiere fuerza legitimante.

La capacidad de recoger las inquietudes de todos los implicados para que se sientan representados, puede considerarse la parte legitimante de las normas jurídicas y razón última de su validez, porque la humanidad toda comparte un mismo espacio, y si éste sucumbe, los riesgos a enfrentar son para todos.

Lo anterior es una posibilidad ante la situación del sistema internacional actual pues se enfrenta con problemas de distinto género, uno de ellos, muy amplio por cierto, es la dificultad de compartir un sistema ético común proviniendo de culturas tan distintas. Inclusive al interior de las naciones, por el origen de las propias normas porque éstas emergen de un cuerpo colegiado y su puesta en práctica es de carácter vertical, el acuerdo por tanto está ausente. En el ámbito supranacional, los posibles acuerdos son más difíciles de lograr, ya que se mueven intereses económicos tan fuertes que los ubica por encima de cualquier sistema de normas, sin embargo hay que empezar por la casa a solucionar los problemas.

Respecto de un sistema normativo universal, según Habermas, sí se puede establecer un sistema normativo universal, a través de la fuerza de la comunicación y la exposición de argumentos vinculantes para todos los individuos. En ese sentido la

participación de las fuerzas del subsistema económico serían matizadas en sus efectos.

Esta posición puede ayudar a rebasar los hechos actuales, producto de las relaciones que se han establecido por ámbitos como las economías globalizadas que invaden todo, pero que han dejado de lado el sentido ético de la vida. La conformación de la ética protestante de la que habla Weber, cuyos principios religiosos fundamentalistas dieron origen al capitalismo clásico, quedaron totalmente rebasadas en la actualidad. Este mundo -con excepciones respetables: India, Cuba, parte de Asia, etc.- es otro muy diferente, el mismo capitalismo ha experimentado transformaciones importantes. El capitalismo actual, aunque esté caracterizado por el mercado libre, las mercancías libres y los productores y trabajadores libres, presenta rasgos distintivos que lo disocian del capitalismo gestado en el seno del protestantismo. Con la Revolución Científico-Tecnológica se puede hacer posible la sustitución del trabajo del hombre por la tecnología, y con posibilidades de incrementar a límites no planeados la productividad, y por supuesto la producción sin que por ello se resuelvan problemas de distribución. Tal situación y su transformación es el reto que enfrentan las sociedades contemporáneas.

Los factores que intervienen en la diferenciación del capitalismo clásico del capitalismo moderno son varios, encuentran su sustento en :

- Problemática geopolítica
- Transformación tecnológica (1970, adelante)
- Tratados comerciales

El capitalismo actual, ha puesto fuera de sí los preceptos fundamentales relacionados con el derecho, la justicia y la legitimidad de su actuar porque estorban a un proyecto donde el ser humano en general tiene un papel secundario en el proceso productivo, es la economía de mercado quien determina las líneas.

Respecto de la problemática que aborda la responsabilidad con las nuevas generaciones resulta importante de tratar. Es evidente y totalmente previsible que grandes sectores, sobre todo en Latinoamérica y especialmente en México, preferirían resolver lo prioritario en el presente, las generaciones actuales, aludiendo sobre todo a la necesidad más primaria como la supervivencia; este hecho impide a las autoridades encontrar una posibilidad de legitimación de un sistema normativo con características de responsabilidad

ética con los descendientes. La biotecnología, sin embargo representa un arma importante en la resolución de esta problemática, sólo que ha sido asumida sin la previsión de los costos que a futuro pudiera tener. La ciudadanía tiene un alto grado de responsabilidad para transformar la realidad en aras de una convivencia menos depredadora, y con la idea de lograr una sociedad más perdurable. Aunque desde el derecho procedimental no se especifica cuál sería la forma de controlar estos problemas que se avizoran a futuro, la corresponsabilidad de los ciudadanos y la posibilidad de lograr acuerdos en un sistema normativo con amplia competencia en las distintas áreas de convivencia puede aportar elementos para superar el problema. El manejo del capital ecológico debería ser parte constitutiva de las normas y así prever la responsabilidad de la generación actual respecto de las futuras en el manejo de los recursos.

La biotecnología y la tecnología en lo general se encuentran absorbidas por este espectro y no es que tengan un papel negativo o positivo en el proceso, todo es según como se vea, depende de quién posea la tecnología y en qué la emplee, lo que determina hacia dónde se cargue la situación. Sin embargo algo queda claro: la biotecnología ya está aquí y puede ayudar a resolver muchos problemas de la humanidad, entonces procede utilizarla razonablemente, en función de necesidades y en la medida más dirigida y equitativa posible.

La naturaleza ha tardado milenios en producir la diversidad biológica y animal que actualmente conocemos y de la que hacemos uso para nuestros satisfactores antropocéntricos. La nueva biotecnología en veinte años de desarrollo, potencialmente promete modificar el planeta desde sus cimientos -las leyes naturales e inclusive sociales- de manera sorprendente, sin embargo hay algunas consideraciones importantes al asumir estos logros.

Existen problemas de satisfacción de necesidades alimentarias en el mundo, principalmente en países subdesarrollados, y la expectativa de incrementar producción y productividad mediante biotecnología por modificaciones en el genoma de plantas de interés comercial, ya sea vía mejoramiento tradicional-acelerado por biotécnicas o por vía ingeniería genética-, es un proceso que aunque está solo iniciando, tiene grandes posibilidades de lograrlo. Esta posibilidad promete una gran cadena de soluciones a los

problemas que aquejan al sector, pero solo se dará si se modifican las formas de intercambio al interior de las naciones e internacionalmente.

La tecnología es producto del proceso de desarrollo de la civilización humana y se debe reconocer que los resultados obtenidos con su aplicación hasta ahora no han tenido el éxito esperado, mas no por la aplicación misma o por propiedades intrínsecas de la tecnología sino porque en el proceso han intervenido factores que permean e influyen de manera determinante las consecuencias de su aplicación: la presencia de bloques económicos donde los países líderes determinan y definen los usos y distribución de la tecnología en el mundo.

Se conectan y convergen factores de tipo económico, político y cultural que definen el rumbo de la tecnología. El meollo está entonces no en la tecnología *per se* sino en el uso que se está haciendo de ella. Por tanto, la situación debe ser observada en el sentido de que hay logros importantes, ya son parte de esta realidad, el problema es aprovecharlos pero aportando soluciones de índole práctica a los problemas añejos de abasto y alimentación no solo en este país sino en el mundo entero.

La tecnología en sí misma sí implica riesgos para diversos ámbitos del mundo humano, posiblemente aún no totalmente claros, pero hay implicaciones importantes en la ecología, la salud, los derechos de las generaciones presentes y, sobre todo, de las futuras, en general del planeta que comparten sociedades tan disímiles, como las actuales. Sin embargo, deben ser asumidos esos riesgos por la comunidad humana que convive y, que será copartícipe de las consecuencias a esperar.

No se podría especular acerca de los factores que tienen que intervenir para retroceder en los hechos hacia la recuperación de valores ético-morales, que iniciaron su desacreditación con el antropocentrismo, la visión occidental de la ciencia y el racionalismo. Se precisa retornar el respeto del ser humano por sí mismo y de la consideración de que es parte integrante de la naturaleza, vista ahora tan sólo como medio proveedor de satisfactores y separado de la humanidad, visión que se traduce en la posibilidad de manipulación de ese todo en el cual está incluido el hombre.

Efectivamente, parece ser que los riesgos son tan sólo formas de ver la realidad que está alejando al hombre de la posibilidad de pensar y pensarse a sí mismo. Todavía el

propio avance de la ciencia no ofrece resultados que pudieran regular la actividad biotecnológica mediante el temor, pero no hay que esperar a que ocurran catástrofes en ninguno de los niveles de la vida para detenerse en la reflexión del actuar. Es necesario medir las consecuencias con los parámetros que tenemos a mano actualmente; desde el punto de vista biológico pueden hacerse estimaciones de los riesgos, de hecho ya están planteadas algunas vías de investigación, pero sin soporte científico firme todavía. La idea entonces sería desarrollarlas para caminar sobre seguro.

Aunque el hombre se encuentre en la cúspide de la pirámide de la vida, y precisamente por las características que le confiere tal posición, está en la obligación de establecer una relación con la naturaleza, sólo que de forma distinta a como lo hizo hasta ahora. Deberá estar mediado por una dimensión distinta, una delimitación ética que lo acerque, desde su altura, a la reflexión sobre el deber del ser pensante que representa. Distinguir una relación hombre-naturaleza y otra relación hombre-hombre, pero ambas con un sentido moral. Dejar de ver al hombre como una máquina y a la naturaleza como un conjunto de recursos aislados de los cuales hay que echar mano para extraer el mayor beneficio, sin considerar el estado de la naturaleza que heredaremos a las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ABOITES, J. Sep. 1994, **Evolución reciente de la política científica y tecnológica de México**. Comercio Exterior. pp. 781-789.
- AGUILAR, M., Julio de 1994, **CIMMyT: Por una investigación agrícola necesaria**. Información Científica y Tecnológica, pp. 32-38.
- ALVAREZ T. S. *et al.*, 1988, **Historia de la ética. De los griegos al Renacimiento**. Victoria Camps, Ed. Grijalbo. Barcelona. 592 p.
- AMERICAN VEGETABLES GROWER, 1994, p. 9 Varios artículos pequeños.
- ARISTOTELES, 1992, **Ética Nicomaquea. Política** (Antonio Gómez Robledo, versión española). Porrúa edit. 13a. edición. pp. 319.
- ARROYO, G. Y M. WAISSBLUTH, 1988, **Desarrollo biotecnológico en la producción agroalimentaria en México: orientaciones de política**. CEPAL-ONU. p. 118.
- AZIAKOU, G., 10/12/1998, **Biotechnología Agrícola ¿panacea o experimento peligroso?** Agencia France Presse, Chicago.
- BAMBERG, J., 1991, **World potato Genebank Collaborators Meet**. World New Diversity Vol. 7, No. 3. 11 p.
- BARAJAS, R. y Massieu, Y. 1997 en Sociológica No. 35. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. (119:154).
- BOLETÍN UNOTICIAS, 16/05/1997, Dirección de Comunicaciones. **Clonación de individuos humanos**. Chile, <http://www.uchile.cl/unoticias/1997/u160597.htm#EE>
- BROOKS, H. F. HETMAN y. SACKS, 1977, **La evaluación social de la tecnología**.

- Ediciones Nueva Visión, 93 p.
- CALDWELL, M. *et al.* 1978, **Socialismo y medio ambiente**. Edit. Gustavo Gili, S.A. Colección Punto y Línea. 137 p.
- CARREON, Z. 1994, **Field trials with transgenic plants: The regulatory history and current situation in México**. En: Biosafety of Sustainable Agriculture. pp. 207-213.
- CASAS, D.E., V. VILLALOBOS y J.A. URBANO, 1992, **Mesa Redonda: posibilidades de la Tecnología Agrícola en México. Limitantes a la difusión de la bitecnología en la agricultura**. Academia Mexicana de Ingeniería, A.C. p. 10.
- CICY. INVESTIGACION CIENTIFICA PARA EL DESARROLLO, 1994, **Resúmenes de investigación**. Revista del CICY (s/n y s/f)
- COHEN I., 1991, **Teoría de la estructuración y praxis social**. En Giddens, A y J. Turner. La teoría social hoy. 537 p.
- COMMUNITY NUTRITION INSTITUTE, 1995, **Transgenic fish: the next threat to marine biodiversity**. Washington, D.C. November, 15 p.
- CORREA, C., 1994, **El nuevo escenario para la transferencia de tecnología: repercusiones en los países en desarrollo**. Comercio Exterior. Sep., pp. 746-758.
- CRUCIBLE GROUP, 1994, **Gente, plantas y patentes**. CIID, Canadá: y NORDAN Comunidad. 106 p.
- DALE, J.P., 1994, **The impact of hybrids between genetically modified crop plants and their related species: general considerations**. Cambridge, 9 p.
- DAVIES, J., 1988, **La ingeniería genética**. Mundo científico No. 71, vol. 7 pp. 704-705.
- DECLARACIÓN Latinoamericana sobre organismos transgénicos.
<http://cgi.mailstart.com/scripts/link.dll/ms.clsmain.aa?ses=58961&x=gucczjgesksg>

zoozcbcy&r=31&ac=rd&ms=34, 29 enero de 1999.

DIRECTORIO EMPRESARIAL 98, 1998, **Biotecnología en México**. CamBioTec Canadá, América Latina y el Caribe. Biotecnología para el desarrollo Sustentable, pp 70

DODET, B., 1988, **Los nuevos diagnósticos biológicos**. Mundo Científico, No. 71 vol. 7 pp. 773 a 779.

EL FINANCIERO, 5 de julio de 1993, **Revelan científicos la existencia de un todo con un gen humano..** p. 51.

ENCINAS, A. J., DE LA FUENTE, J. y H. MACKINLAY, 1992, **La disputa por los mercados. TLC y sector agropecuario**. Edit. Diana y Cámara de Diputados. 388 p.

EUROPEAN FEDERATION OF BIOTECHNOLOGY. 1993. **Task group on public perceptions of biotechnology**. No. June.

GALVEZ, A. y Larson, F., 1999, **Una perspectiva mexicana sobre bioseguridad**. Ponencia presentada en el Taller Internacional sobre Fortalecimiento Institucional en Bioseguridad. Tlatelolco, México, enero. 10 p.

GREENPEACE, en: **Este País. Tendencias y Opiniones**. Resp. Federico Reyes heroles. México, febrero de 1999. (50:53)

FAO, 1992, **Informe del Taller sobre Código de Conducta en Biotecnología Vegetal**. REDBIO, 45 p.

FUNDACION TECNOLOGICA DE SINALOA. Carta de la Fundación, 1994. **Flavr Savr y Super Life, dos opciones de tomate, dos estrategias de mercado**. No. 16, Julio de 1994.

Aprobación final de un tomate transgénico en Estados Unidos. No. 15, Junio de 1994.

GALINDO, E. **Biotecnología: oportunidades y amenazas**. Ciencia y Desarrollo No. 80, año XVI, mayo-junio de 1988. pp. 21-40.

- GALVEZ, A. y J. Larson, 1999, **Una perspectiva mexicana sobre bioseguridad**. Ponencia presentada en el Taller Internacional sobre Fortalecimiento Institucional en Bioseguridad. enero 1999. 10 p.
- GARCIA, M. , Quintero Ramírez y López Munguía, 1993, Coordinadores. **Biotecnología alimentaria**. Edit. Limusa, 636 p.
- GARCIA, R.D., 1996, **Transformación genética de tres variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con tres cepas de *Agrobacterium tumefaciens***. Tesis Maestría. CP., 78 p.
- GIDDENS, A. y J. TURNER, 1991, **La teoría social, hoy**. CONACULTA Y Alianza Editorial Coedición, México, 537 p.
- GONZÁLEZ, J., 1986, **El malestar en la moral**. Joaquín Mortiz Ed. 291 p.
- GRIMSLEY, N.H., 1990, **Agroinfection** in: *Physiol Plant*. 79:147-153
- GUAL, C. y E. ACOSTA, 1994, **Ética de Epicuro. La génesis de una moral utilitarista**. Seix Barral Editores, pp. 87, 89, 95, 111-115.
- GUARRAIA, L. *et al.*, 1994, **Ingeniería genética: salvaguardas existentes**, Edit. Nuestro Planeta. T. 6, No. 4. pp. 42-43.
- HABERMAS, J., 1988, **Teoría de la acción comunicativa. Racionalidad de la acción y racionalización social**. T.I. Edit. Taurus, 433 pp.
- HABERMAS, J., 1998, **Facticidad y Validez**. Sobre el derecho y el Estado democrático de derecho en términos de teoría del discurso. Edit Trotta. Manuel Jiménez Redondo (Trad.) Madrid, 668 p.
- HARTWIN, G., 1994, **El argumento en favor de un sistema multilateral**. Edit. Nuestro Planeta T.6. No. 4, pp. 38-39.
- HERNANDEZ, J., 1993, **Avances en las reformas de política económica y comercial. Efectos en la agricultura de América Latina y el Caribe**. IICA; 73 p.
- HOUEBINE, L.M., 1988, **Los animales transgénicos**. Mundo Científico. No. 71 vol. 7 pp. 782-790.

- IICA, 1991, **Políticas de propiedad industrial de inventos biotecnológicos y uso de germoplasma en América Latina y el Caribe**. Serie Publicaciones Misceláneas, 510 p.
- IICA, 1991, **Guías para la liberación en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente**. Serie Publicaciones Misceláneas. Proyecto Institucional Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional. 145 p.
- ISNAR, 1993, **Intellectual property rights for agricultural biotechnology. Options and implications for developing countries**. No. 3. 39 p.
- JAFFÉ, W. y ZALDIVAR. M. (Editores), 1992, **Formulación de políticas para el desarrollo de la biotecnología en América Latina y el Caribe**. IICA-OEA. 202 p.
- JAFFÉ, W. y ZALDIVAR, M. (Editores), 1992, **La regularización de la biotecnología con énfasis en la liberación al medio ambiente de organismos modificados genéticamente**. IICA-OEA. 294 p.
- JAFFÉ, W. y E. TRIGO, 1994, **La agrobiotecnología en América Latina y el Caribe: elementos para estrategias nacionales**. Comercio Exterior, julio 1994. pp. 572-581.
- KIRWIN, J., 1994, **Preservar la biodiversidad**. Revista Perspectivas UNAM.
- KOTHARI, A., 1994, **Necesidad de un protocolo sobre derechos del agricultor y pueblos autóctonos**. Edit. Nuestro Planeta. T. 6, No. 4, pp. 39-40.
- KRATTIGER, A. (editor), 1994, **Biosafety of sustainable agriculture. Shaping Biotechnology Regulatory Experiences of the Western Hemisphere**. ISAAA-SEI.
- KRAEMER B., G., 1994, **Consideraciones para una ética del discurso**. Documento en mimeo, presentado en el seminario Historia de la Filosofía en América Latina. 21 p.

- KRAS, E., 1994, **El desarrollo sustentable y las empresas**. Grupo Editorial Iberoamérica. 129 p.
- KUBICEK, D., 1991, **La actividad regulatoria en América Latina y el Caribe por la investigación en biotecnología vegetal**. Diversity. Vol. 7 Nos- 1 y 2, 92 p.
- LAL, R. y S. LAL., 1993, **Genetic engineering of plants for crop improvement**. CRC Press. 135-141.
- LAPORTA, F., 1993, **Entre el derecho y la moral**. Biblioteca Etica, ITAM, Fontamara, México, 134 p.
- LEGISLACIÓN SOBRE PROPIEDAD INDUSTRIAL E INVERSIONES EXTRANJERAS. 1998. Edit. Porrúa. México, 555p.
- LEY FEDERAL DE VARIEDADES VEGETALES. Diario Oficial de la Federación, 2 Sep. 1996. pp. 2-25.
- LEY GENERAL DE SALUD. 1997. Edit. Porrúa, México. 580 p.
- LEY SOBRE PRODUCCIÓN, CERTIFICACIÓN Y COMERCIO DE SEMILLAS. Diario Oficial. 15 de julio de 1991.
- LEY SOBRE PRODUCCIÓN CERTIFICACIÓN Y COMERCIO DE SEMILLAS Y SU REGLAMENTO. SAGAR; 1993 62 p.
- LEY DE SANIDAD FITOPECUARIA DE LOS ESTADO UNIDOS MEXICANOS Y SU REGLAMENTO EN MATERIA DE SANIDAD VEGETAL, SARH, 1974. 86 p.
- MACKENZIE, D., 1991, **Europa Battles over biotechnology**. New Scientist, May 1991. 13 p.
- LLEDÓ, E. **Historia de la ética**.
- MARAMOROSCH, K., 1991, **Biotechnology for biological control of pest and vectors**. CRC Press.
- MAHONEY, R., 1993, **Biotechnology and us policy**. Vital Speeches of the day. Chicago, Ill. pp. 400-403.

- MAHBUB UL HAQ, 1994, **New imperatives of human security**. Society for International Development 21 st World Conference. April 1994. 19 p.
- MEDINA, C., 1994, **Las nuevas tecnologías y la robótica**. Ciencia y Desarrollo 118. sep-oct. pp. 28-37.
- MENDOZA G., E., 1994, **Agrobiotecnología**. Grupo Editorial Iberoamérica. pp. 78
- MEISTER, I., 1994, **Ingeniería genética; urgente necesidad de un protocolo de seguridad**. Edit. Nuestro Plantea, T. 6. No 4. pp. 41-42
- NATURE. Vol. 366. No. 6452.1995 pp. 276-279.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-FITO-056-1995. **Requisitos fitosanitarios para la movilización nacional, importación y establecimiento de pruebas de campo de organismos manipulados mediante ingeniería genética**. Diario Oficial. 11 jul. de 1496. p. 53
- OLEMBO, R., 1994, **Biotecnología: ¿sueño o pesadilla?** Nuestro Planeta T.6, No. 4 pp. 9-10.
- PEREZ-RUL R., R. **Rechazo a la biotecnología**. Excélsior 23/06/1999, México, D.F. (<http://trantor.infolatina.com.mx:80/servlet/Servicios>)
- PETIARD, V. y A. BARIAUD- FONTANEL, 1988, **El cultivo de células vegetales**. Mundo científico.No. 71 vol. 7. pp. 731-739.
- PIMENTEL, D. *et al.*, 1989, **Benefits and risks of genetic engineering in agriculture**. Bioscience Vol. 39, No. 9 oct. 1989. pp. 606-614.
- PIÑA, J, 1999, . **Agricultura: Promesas y riesgos de la biotecnología para el Sur**. Fuente: Inter Press Service México. Roma, 25/01/1999. (<http://trantor.infolatina.com.mx:80/servlet/Servicios>)
- PORTER, J., 1996, **Public Hearing of the committee on legal affairs and citizens' rights of the european parliament**. June 1996. p.11
- QUINTERO, R., 1993, **Prospectiva de las agrobiotecnologías**. IICA-OEA No. 34, Serie Documentos de Programas, 162 p.

- QUINTERO, R., 1989, **Políticas nacionales y regionales en biotecnología** PNUD-UNESCO. IICA, pp. 1-41 y 49-64.
- RAVEN. P., 1994, **Por qué es importante la biodiversidad**. Nuestro Planeta. T-6, No. 4, pp. 5-9
- RAWLS, J., 1984, **Teoría de la justicia** (Trad. Ma. Dolores González). Fondo de cultura Económica. 652 pp.
- REVISTA DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE BIOTECNOLOGIA Y BIOINGENIERIA, A.C., 1993, **Biología V Congreso Nacional** Vol. 3 Nos. 5 y 6.
- REBORATI. F. Compilador., 1989, **Población y ambiente en América Latina**. Programa Latinoamericano de actividades de la Población (PLOLAP). Grupo Editor Latinoamericano, Col. Estudios Políticos y Sociales. 67 p.
- SACHS I., 1982, **Ecodesarrollo. Desarrollo sin destrucción**. Edit. El Colegio de México. 201. p.
- SARNO, N., **Europa: Consumidores desconfían de avances en biotecnología**. Fuente Inter Press Service México. Bruselas 06/10/1997. (<http://trantor.infolatina.com.mx:80/servlet/Servicios>)
- SEPULVEDA, G. I, 1992, **El cambio tecnológico en el medio rural**. UACH, México, 159 p.
- SOLLEIRO. J. L., 1994, **Debate e impactos de los derechos de obtentores vegetales en países en desarrollo. Informe del estudio de caso en México**. IICA.. 135 p.
- SPELMAN, C., 1994, **Non-food uses of agricultural raw materials-Económicos, biotechnology and politics**. CAB-INTERNATIONAL. 151 p.
- SPINOZA. B., 1990, **Ética. Tratado Teológico-político**. (Francisco Larroyo, Introdutor). Porrúa Edit. 3a. Edic. 409 p.
- STEPHENS, D. A. BUMPY, 1994, **Road to recovery y Mysterius tomato virus found in Orange County**. American Vegetable Grower. 18 p.

- SWAMINATHAN. M., 1994, **Derechos, recompensas y reconocimiento**, Edit. Nuestro Planeta. T. 6 No. 4, 11 p.
- UNAM. **Instituto de Biotecnología**. Informe 1993. 403 p.
- UNAM, 1991, **Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología**. Informe 1990, p. 293.
- VERA-CRUZ. A. *et al.*, 1994, **El Subsistema Nacional de Innovación en Biotecnológica: el papel de los centros de investigación en México**. Comercio Exterior, agosto de 1994. pp. 706-715.
- VILLASUSO, J.M., 1993, **Cambio estructural y reformas institucionales en la agricultura en América Latina y el Caribe IICA**, 99 p.
- WALLERSTEIN, E., 1991, **Análisis de los sistemas mundiales**, en Giddens y Turner La teoría social, hoy. CONACULTURA y Alianza Editorial.
- WEBER, M., 1987, **Ensayos sobre sociología de la religión**. T.I. Edit. Taurus. 2a. edición . 585 p.
- WEBER. M., 1987, **Ensayos sobre sociología de la religión**. T.II Edit. Taurus Humanidades. 378 p.
- WEBER. M., 1988, **Ensayos sobre sociología de la religión**. T. III. Edit. Taurus, 494 p.
- WEEB, J. AND MORRIS PHILLIP, 1992, **Methodologies of plant transformation**. AFRC Institute for Grassland and Environmental Research, Welsh Plant Breeding Station, Aberystrwyth, Dyfed, pp. 7-23
- WITHAM. P., 1994, **Prevención de la crisis. Una mejor planificación del desarrollo ¿podría disminuir las pérdidas de las emergencias cívicas y los desastres naturales?** Opciones, pp. 13-38.
- WITTGENSTEIN. L., 1990, **Conferencia sobre ética**. Con dos comentarios sobre la teoría del valor. Paidós ICE-UAB. 2a. edición. España, 63 p.
- YEARDLEY, S., 1993, **Biotechnology: For or Against. Public beliefs, attitudes and understanding**. Economic Research Council (ERC), 231 p.

ANEXO. 1. REPORTE DE LOS INSTITUTOS, LABORATORIOS, PÚBLICOS Y PRIVADOS, EMPRESAS, Y SUS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

La información que a continuación se presenta ha sido producto de una actualización favorecida por la participación del Dr. Juan Pablo Martínez Soriano, quien actualmente funge como Coordinador del **Grupo CamBioTec** y es a su vez investigador del CINVESTAV, unidad Irapuato, del Instituto Politécnico Nacional. El Dr. Martínez Soriano colaboró a través de su cargo solicitando a los institutos de investigación, oficiales mayoritariamente, información sobre los proyectos que se están desarrollando actualmente y las especies de importancia agronómica que se manejan biotecnológicamente, así como los objetivos del manejo técnico. Se ha actualizado esta información en la medida que se han acopiado los datos y la respuesta de los investigadores por lo que pueden detectarse faltantes en la misma, sin embargo se reporta lo que se logró obtener entre los meses de junio a agosto de 1998.

Años de iniciado	Laboratorio y responsable	Proyectos en desarrollo	Biotécnicas empleadas
14 años	CINVESTAV-Irapuato. Laboratorio de Cultivo de Tejidos Dr. Neftalí Ochoa A.	Desarrollan 3 proyectos con cultivo de tejidos en <i>Capsicum annuum</i> , <i>Agave tequilana</i> y <i>Cucumis melo</i>	Transformación genética, variación somaclonal y micropropagación
8 años	Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular de Metabolitos Secundarios de Plantas. Departamento de Ingeniería Genética. CINVESTAV-IPN	Investigación básica sobre productos naturales de plantas. Estudio de la producción de fitoalexinas en solanaceas. Especies prioritarias <i>Capsicum annuum</i> y <i>Nicotiana tabacum</i> . Dr. Rafael Rivera Bustamante	Biología molecular, clonación PCR, transformación de bacterias y plantas, purificación de proteínas. A futuro: Histología vegetal, purificación de proteínas e ingeniería metabólica
12 años	Laboratorio de Transformación Genética e Ingeniería Metabólica en Plantas. CINVESTAV-IPN-Irapuato	Métodos de transformación genética de plantas; manipulación molecular de la síntesis de sacarosa y ácidos orgánicos en plantas. Producción de plantas resistentes a aluminio; producción de plantas tolerantes a frío - transgénicas- Especies prioritarias: arroz, papaya, espárrago y sorgo Dr. Luis Herrera Estrella	Ingeniería genética, transformación, métodos de regeneración de plantas, biolística análisis de plantas transgénicas, síntesis de dos híbridos de levaduras. A futuro: hibridación <i>in situ</i> , microscopía confocal.
17 años	Laboratorio de Fitoquímica Departamento de Biotecnología e Ingeniería Genética de Plantas. CINVESTAV-IPN-Irapuato	Metabolismo secundario en plantas. Especies prioritarias: <i>Heliopsis spp.</i> , <i>Echinacea spp.</i> , <i>Piper Aristolochiafolia spp.</i> , <i>Capsicum spp.</i> , <i>Smilax spp.</i> Dr. Jorge Molina Torres	Cromatografía y biología molecular.
7 años	Laboratorio de Biología Molecular y Hongos. CINVESTAV-IPN-Irapuato	Micoparasitismo y respuestas a luz en <i>Trichoderma harzianum</i> Dr. Alfredo Herrera Estrella	No reporta

16 años	Departamento de Bioquímica y Biotecnología. Laboratorio Mecanismos de Defensa en Plantas. CINVESTAV-IPN-Irapuato	Estudio de inhibidores de enzimas como mecanismos de defensa de plantas contra insectos patógenos. Especies prioritarias: maíz, amaranto, chan, quinua, frijol tepari. Dr. Alejandro Blanco	Enzimología y proteínas A futuro: Inducción de proteínas específicas como respuesta al ataque de patógenos
	Laboratorio de Proteínas e Ingeniería Genética. CINVESTAV-IPN-Irapuato	Bioquímica y biología molecular de reserva de semillas y de embriones somáticos y su relación con citoesqueleto Dra. Magdalena Segura Nieto	No reporta
4 años	Laboratorio de Genotipia y Marcadores Moleculares (en proceso de formación) Instituto de Biotecnología de la UNAM.	Investigación básica en genética molecular y prospectiva biotecnológica -fitomejoramiento-. Estrategias y aplicaciones del análisis genómico; métodos para genotipificación y mapeo molecular en leguminosas. Especies prioritarias: frijol, soya y <i>Lotus japonicus</i> . Dr. Jaime Padilla Acero	Genotipia y mapeo con microsatélites, DNA amplificación AFLP A futuro: Mapeo genético molecular con interacciones bióticas -sequía, termotolerancia, resistencia a patógenos.
5 años	Departamento de Biología Molecular de Plantas. Instituto de Biotecnología de la UNAM	Biología celular y molecular de plantas, desarrollo de raíces y arquitectura de la pared celular de plantas. Especies prioritarias: Maíz y Arabidopsis. Dra. Gladys Cassab. Dra. Georgina Ponce	Análisis de imágenes Futuro: microscopía confocal
5 años	Departamento de Biología Molecular de Plantas. Instituto de Biotecnología de la UNAM	Biología molecular. Termotolerancia en maíz y levaduras Dr. Jorge Nieto Dr. Jorge Luis Folch Mallol	FCAS, Cell Shorting Futuro: plantas transgénicas
3 años	Departamento de Biología Molecular de Plantas. Instituto de Biotecnología de la UNAM	Desarrollo de plástidos, Producción de plantas transgénicas, fotosíntesis. Especies prioritarias: maíz, y Arabidopsis Dra. Patricia León Mejía	Genética, manipulación de DNA, RNA, y proteína, microscopía A futuro: Inmunolocalización, hibridación <i>in situ</i> , análisis de HPLC y técnicas bioquímicas

4 años	Departamento de Biología de Membranas en Células Vegetales. Instituto de Biotecnología de la UNAM	Estudio sobre las propiedades de transporte de las membranas de células vegetales con énfasis en canales iónicos y H-ATPasa. Adaptación de plantas a estrés salino con <i>Rhizobium</i> y leguminosas: <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Mesembryanthemum crystalinum</i>	Inmunodetección, espectrometría de fluorescencia A futuro: biología molecular
15 años, 8 en plantas	Departamento de Biología Molecular de Plantas. Instituto de Biotecnología de la UNAM	Dr. Omar Pantoja Respuesta a déficit hídrico en plantas superiores y levaduras. Técnicas estándar en biología molecular con <i>Arabidopsis thaliana</i> y <i>Phaseolus vulgaris</i> . Transformación de plantas superiores Dra. Alejandra Covarrubias	Bioquímica de proteínas, generación de anticuerpos, inmunocitoquímica. Uso de levadura como herramienta para estudio funcional de genes diversos A futuro: no específica
4 años	unidad de Genética y Biología Molecular. Laboratorio de Microbiología Industrial. Departamento de Microbiología e Inmunología	Genética y biología molecular de microorganismos, modo de acción de la delta endotoxina de <i>Bacillus thuringiensis</i> , polimorfismo de hongos entomopatógenos y detección de microorganismos de cavidad oral Dr. Benito Pereyra Alférez	Cinética de la unión endotoxina-receptor, sobreproducción de proteínas quiméricas
3 años	BIOCIENCIA S.A. de C.V. Laboratorio de Fitopatología	Diagnóstico comercial de fitopatógenos, detección de fitopatógenos Dr. Ramiro González-Garza	Elisa, PCR..., RT-PCR, inmuno RTC-PCR A futuro: producción de biológicos mediante clonación
9 años	Bioquímica y Genética de Microorganismos, Universidad Autónoma de Nuevo León	Biotécnicas específicas para agaváceas Dr. José Santos García Alvarado	A futuro: selección de clonas altamente productoras de metabolitos secundarios

Fuente: Información proporcionada por el Dr. Juan Pablo Martínez Soriano, Coordinador de CamBioTec-México, adscrito al CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato, Gto. recabada durante los meses de junio, julio y agosto de 1998.

Empresa	Origen del capital	Productos que produce y comercializa	Tecnología empleada
AGROBIONSA, S.A. de C.V. Agrobiológicos del Noroeste	100% nacional	Produce y comercializa hongos entomopatógenos y bioplaguicidas a base de <i>Bacillus thuringiensis</i> aplicados a diversos cultivos. Oferente de biopesticidas.	Métodos convencionales - esporas- para producción de cepas de hongos, fermentación de <i>B. thuringiensis</i>
ALLWASTE, Servicios Industriales de Control ecológico, S.A. de C.V.	60% extranjero 40% nacional	Servicios especializados para el tratamiento de residuos peligrosos	Procesos fisicoquímicos y biológicos
BIOGENÉTICA MEXICANA S.A. de C.V.	100% nacional	Realiza micropropagación vegetal y produce especies ornamentales y frutales, algunas forestales - eucalipto y pino-	Cultivo de tejidos y biorreactores
BIOTEC LATINOAMERICANA, S.A. de C.V.	50% extranjero 50% nacional	Fermentaciones, monitoreo y control de calidad de bioprocesos, bioquímica, manipulación de ADN, regulación de expresión genética, biotecnología ambiental, tratamientos aerobios del agua y control y aseguramiento industrial	Tecnologías de ADN, fermentación, filtración, cromatografía en general
BIOTECNIC S.A. de C.V.	100% nacional	Produce y comercializa bioplaguicidas formulados con <i>Bacillus thuringiensis</i>	Procesos de fermentación
BIOTECNO S.A de C.V.	100% estatal	Manejo integrado de plagas en el sector agropecuario, insectos benéficos, trampas con feromonas, repelentes, detergente orgánico y piretrinas	Control biotecnológico de plagas
CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA "JOEL" José Elizondo Elizondo	100% nacional	Produce y comercializa semilla de papa y papas comerciales. Micropropagación vegetal	Cultivo de tejidos para obtención de plántulas de papa
CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA SABRITAS	100% nacional	Líder en producción de semilla de papa para botana en México	Producción de semilla prebásica de papa a partir de tejidos

S.A. de C.V.			vegetales
EMPRESAS LA MODERNA, División de Agrobiotecnología	100% nacional	Líder mundial en semillas de hortalizas, desarrolla materiales transgénicos en hortalizas y frutales	Haploid culture, coat protein, ACSS transwich, invertase, anthoganin regulation, RIN breeding AOPG-base
EVERGREEN INVERNADEROS S.A de C.V.	100% estatal	Produce plantas de ornato y hortalizas en invernadero	Germinación y desarrollo de plántulas en suelos especiales, fertilización de lento desprendimiento y hormonas sintéticas
FUNDACIÓN TECNOLÓGICA DE SINALOA	100% nacional	Actividades de promoción tecnológica. Producción de tomates, pepinos y calabazas transgénicas	Bioteología de plantas resistentes a hongos, virus y herbicidas
GRUPO BIOQUÍMICO MEXICANO (GBM) S.A. DE C.V.	100% nacional	Investiga, desarrolla, produce y comercializa especialidades biotecnológicas agropecuarias	Tecnologías para la producción de biorreguladores de plantas. ácidos húmicos, fúlvicos y úlmicos, ditiocarbamatos
GRUPO BIOTECNOLÓGICO MARSÁN, S.A. de C.V.	100% nacional	Cultivo de tejidos de papa y complementos alimenticios humanos	No disponible . Cultivo de tejidos
GRUPO FERNÁNDEZ	100% estatal	Produce y comercializa ganado mayor, huevo y pollo. Implantes anabólicos a ganado vacuno, probióticos y aditivos para pollo y vacunas para aves	No disponible. Representante de Lone Star Feeds Yards, Campo Cooler Ranch
INVERNAMEX, S.A. de C.V.	100% nacional	Realiza mejoramiento genético y propagación vegetal mediante cultivo de tejidos. Especies prioritarias: fresa, papa, frambuesa, cítricos, café y papaya además de ornamentales forestales. Tiene licencia	Cultivo de meristemos, termoterapia y micropropagación
KOPPERT MÉXICO S.A. de C.V.	75% extranjera 25% nacional	Líder en producción de insectos y agentes biológicos para el control de plagas. Producción de polinizadores naturales	No disponible Representante de Koppert bv.

LABORATORIOS AGROENZYMAS, S.A. de C.V.	100% nacional	Produce y comercializa fitorreguladores complejos del desarrollo vegetal	Extracción de hormonas y formulación
PRODUCTOS ECOLÓGICOS LAPRE	100% nacional	Fabricante de pesticidas ecológicos	No disponible
PRODUCTOS QUÍMICOS DE CHIHUAHUA (PROQUISA), S.A. de C.V.		Produce y comercializa fertilizantes foliares de suelo de liberación controlada, ácidos fúlvicos	No disponible Representante de Bayer, Dupont, Zéneca, Rhone Poulenc, Agrevo y Novartis

Fuente: Biotecnología en México. Directorio Empresarial 98. CamBioTec Canadá-América Latina y el Caribe. Biotecnología para el Desarrollo Sustentable, 1998.

Centros de investigación	Origen del capital	Proyectos/responsable (s)	Biotécnicas empleadas
CENTRO DE DESARROLLO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN DE BIÓTICOS DEL IPN (CEPROBI)	100% estatal	Amplia oferta biotecnológica en el área industrial de procesamiento alimentario. Asesoría y capacitación en lo agrícola biotecnológico, biotecnología vegetal. Dra. Gloria Dávila Ortiz	Enzimología, medios de cultivo,, concentrados proteicos, inoculantes y colorantes naturales
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO A.C. (CIAD), Hermosillo, Son.	100% nacional privado	Apoyo al sector industrial en las áreas alimentaria y agrícola. Dr. Inocencio Higuera Ciápara	No disponible
CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE YUCATÁN (CICY)	100% estatal	Micropropagación y mejoramiento de especies vegetales en agaves tequilero y henequenero; banano, plátano, závila y orquídeas. Dr. Manuel R. Robert Díaz	Micropropagación
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA, Universidad Autónoma de Morelos		Bioinsecticidas para la agricultura, micropropagación agrícola, biorreactores para células vegetales de plantas medicinales. Dr. Rodolfo Quintero	Bioinsecticidas, biorremediación ambiental, micropropagación

CENTRO DE
INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS
AVANZADOS DEL IPN, CINVESTAV-
Irapuato

CENTRO DE MEJORAMIENTO
DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT) 100%
extranjero

COLEGIO DE
POSTGRADUADOS (CP), PROGRAMA
DE GENÉTICA Y EDAFOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE
BIOTECNOLOGÍA UAM-I

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES DE La
Universidad Autónoma de Chihuahua

FACULTAD DE CIENCIAS
AGROTECNOLÓGICAS DE LA U.A. DE
Chihuahua

FACULTAD DE ZOOTECNIA,
U.A. Chihuahua

INSTITUTO DE
BIOTECNOLOGÍA DE LA UNAM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS (INIFAP)

Bioquímica y biología molecular de plantas.
Desarrollo de materiales genéticos para el agro.
Biotecnología vegetal de plagas y enfermedades de
importancia agrícola, interacción planta-patógeno.

Dr. Octavio Paredes López

Biotechnologías aplicadas a los cultivos de maíz y
trigo. Dr. Timothy Reeves

Investigación en producción vegetal, biología
molecular e ingeniería genética. No especifica qué
cultivos.

Dr. Ronald Ferrera Cerrato

Biotechnología ambiental y de residuos agrícolas
y agroindustriales

Micropropagación de sotol, orégano y pistacho.

M.Sc. Arturo Javier Obando Rodríguez

Micropropagación, biosaneamiento,
biofitorregulación, control biológico de plagas.

Dr. Juan Manuel Soto Parra

Tecnologías en nutrición, reproducción animal y
medio ambiente.

Dr. Francisco Núñez González

Química alimentaria y farmacéutica.

Dr. Xavier Soberón Mainero

Micropropagación de plantas libres de
enfermedades, conservación *in vitro* de recursos
genéticos, desarrollo de vacunas veterinarias y

Ya descritas

Genética molecular,
biotecnología aplicada en
general

PROGRAMA INSTITUCIONAL
DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
BIOTECNOLOGÍA, FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS DE LA U.A. DE
CHIHUAHUA

INSTITUTO DE
BIOTECNOLOGÍA, FACULTAD DE
CIENCIAS., CENTRO DE
INVESTIGACIONES EN FIJACIÓN DE
NITRÓGENO, FACULTAD DE
MEDICINA, INSTITUTO DE QUÍMICA
FACULTAD DE MEDICINA,
VETERINARIA Y ZOOTECNIA,
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
BIOMÉDICAS, DEPARTAMENTO DE
BIOTECNOLOGÍA UNAM

diagnóstico de enfermedades.

Dr. Jorge Kondo López

Toxicología, diagnóstico molecular,
inmunología, biorregulación, biolixiviación, tecnología
de enzimas, tratamiento de aguas residuales.

Dr. Federico Salvador

Tecnología de plantas, agentes terapéuticos y de
diagnóstico y tecnología ambiental

Es pertinente aclarar que se señalan y enumeran estas instancias de investigación, entre otras tantas, en el Catálogo sobre Biotecnología 98 sólo a manera de participantes en el actividades de biotecnología sin necesariamente detallar sus actividades en cuanto a líneas específicas de investigación, ni los productos y procesos, sin embargo en el primer cuadro se describen éstos en la medida que fueron proporcionados los datos y también con la idea de señalar la existencia de aquellos que no fueron considerados en el cuadro previo ni en las entrevistas realizadas para este trabajo. Toda esta información es de reciente acopio y se puede decir que proviene de fuentes totalmente fiables.

Fuente: Biotecnología en México. Directorio Empresarial 98. CamBioTec Canadá, América Latina y el Caribe. Biotecnología para el Desarrollo Sustentable, 1998

