

EL PRINCIPIO PRECAUTORIO Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Elena ARRIAGA ARELLANO

Todas las éticas han evolucionado, basadas en el principio de que el individuo es miembro de una comunidad, cuyas partes son interdependientes. Sus instintos lo incitan a competir por su lugar en la comunidad, pero su ética lo incita a cooperar. La ética de la tierra simplemente amplía los límites de la comunidad para incluir suelos, aguas, plantas y animales o, colectivamente, la tierra.

Aldo LEOPOLD, 1947

SUMARIO: I. *La ciencia y tecnociencia como productos de la racionalidad humana.*
II. *El principio precautorio (PP).* III. *El PP como elemento básico de la aplicación de tecnología en sistema complejos.* IV. *El PP en la biotecnología moderna.* V. *Acciones relacionadas con la liberación de plantas transgénicas y con el PP.* VI. *Conclusiones.*
VII. *Bibliografía.*

I. LA CIENCIA Y TECNOCIENCIA COMO PRODUCTOS DE LA RACIONALIDAD HUMANA

La capacidad racional del hombre le ha permitido ir más allá del solo conocimiento de los objetos a su alrededor y transformar la naturaleza, incluyendo su propia naturaleza. La creación de herramientas, máquinas y equipos cada vez más sofisticados ha hecho que la generación de conocimiento, productos, bienes y servicios se haga con mayor velocidad, particularmente en los últimos cincuenta años.¹ Dicho conocimiento científico, técnicas, tecnologías y/o tecnociencias² están permitiendo que el hombre

¹ El aumento en la velocidad de generación de conocimiento también ha sido posible por la integración de equipos multidisciplinarios conectados en red y por la participación económica y política de empresas y del gobierno (Echeverría, 2003).

² *Tecnociencia*. Palabra utilizada por estudiosos en el área de la ciencia, tecnología y sociedad, para designar el contexto social y tecnológico de la ciencia. Javier Echeverría (2003) la refiere como un término utilizado por primera vez por Bruno Latour en 1983, para designar la aplicación de la ciencia en la generación de procesos y/o productos (como principal propósito); es una actividad que además permite la generación de nuevo conocimiento científico; las investigaciones son realizadas con base en el uso de otras tecnociencias, tecnologías, ciencias y equipos altamente sofisticados; es apoyada con recursos de la industria y de los Estados (principalmente para el desarrollo de tecnología militar, espacial y/o estratégica), y se genera a través de la colaboración de varios laboratorios

tenga un “poder hacer” cada vez más amplio, tanto como para intervenir en los procesos de la vida.

A pesar del gran poder tecnológico, todavía no ha sido posible determinar con precisión y/o certeza los posibles efectos de los productos y subproductos tecnológicos, una vez que éstos son liberados y utilizados en sistemas complejos, como en los ecosistemas³ y los sistemas sociales; la incertidumbre sobre el comportamiento de éstos ha llevado a considerar que vivimos en una “sociedad de riesgo”.⁴

conectados en red. Para fines de este documento, se usarán indistintamente los términos “tecnológico” y “tecnocientífico” para referirse a los productos técnicos, tecnológicos y tecnocientíficos.

³ Para la evaluación de los efectos a largo plazo, de la liberación de plantas transgénicas, el grupo de expertos consultados por la EFSA en 2007 tomó como base la definición de Crawley (1994) sobre el “largo plazo” como el tiempo requerido para el cambio en todas las poblaciones de un ecosistema, y que es “del orden de 10 a 100 generaciones, por lo que la mayoría de los efectos a largo plazo, deberánemergerdespués de un mínimo de 10 a 20 años” (EFSA, 2007, p. 5).

⁴ “*Sociedad de riesgo*”. U. Beck (1986) Establece como tesis que mientras que en la sociedad industrial la “lógica” de la producción de riqueza domina a “lógica de la producción de riesgos”, en la sociedad de riesgo se invierte la relación: es decir, que aunque hay producción de riqueza, también hay producción de efectos secundarios latentes, los riesgos tienden a globalizarse y no son exclusivos de alguna clase en particular, sino que poseen una dinámica política y social nueva.

Desde el punto de vista filosófico, (2007:17), refiriéndose a la *Antígona*, obra de Sófocles, señala que “lo más maravilloso y terrible que hay en el mundo es el hombre, ya que de su arte y de su ingenio creador surgen tanto el bien como el mal”.

La libertad creadora del hombre posibilitó, entre otras cosas, la explotación de los recursos naturales, en muchos casos sin la reflexión sobre su finitud y/o del impacto de las acciones tecnológicas, llevando a resultados “antihumanos”, como procesos actuales de contaminación, por lo que es esencial recordar la importancia del equilibrio con la naturaleza, a través de las acciones cotidianas: “Lo malo no es la tecnología, sino la manera indiscriminada e irracional, en la que se generan y utilizan los bienes creados. ... [E]s la generación de residuos y subproductos, sin capacidad para manejarlos”, sin dar “oportunidad a la Naturaleza de recuperarse de la acción del hombre” (2004:40).

En los ecosistemas, sistemas sociales, económicos y en los seres vivos, cualquier cambio puede llevar a resultados inciertos e impredecibles. Adicionalmente, en los sistemas biológicos las condiciones que permiten el predominio de una especie propiciarán su crecimiento hasta una fase estacionaria (donde el número de individuos que mueren está en equilibrio con los que nacen). Después de

la fase de equilibrio, y cuando no se logra mejorar las condiciones del medio ambiente o de los individuos, seguirá una etapa de decrecimiento de la población.⁵ En el caso del hombre, su capacidad inventiva ha permitido extender su fase de crecimiento, pero por la falta del conocimiento de los efectos de sus acciones tecnológicas se está llegando a una situación límite. La afectación a otras especies vivas y la huella de la actividad humana está rompiendo los ciclos biológicos afectando a la propia especie, como la contaminación del medio ambiente y alimentos, por el uso continuo de productos químicos.⁶

Adicionalmente, los accidentes tecnológicos, como los ocurridos en algunas plantas nucleares y

⁵ Los seres vivos dependemos de las condiciones ambientales, esencialmente requerimos contar con los nutrientes suficientes. Cuando éstos se agotan, la población limita y/o reduce su crecimiento; en términos bioquímicos, este fenómeno se conoce como “inhibición por sustrato”; otra situación que limita el crecimiento poblacional es la saturación del medio por productos, lo que se conoce como “inhibición por producto”.

⁶ La similitud fisiológica ancestral de los seres vivos hace suponer que el efecto de los pesticidas en otros organismos también tiene efecto en los humanos, por lo que el efecto en otros organismos se usa como parte de la evaluación del riesgo (ER) del uso de este tipo de productos para el ser humano (McKinlay y cols., 2008).

químicas,⁷ han llevado al establecimiento de políticas y normas éticas y jurídicas, para regular el uso de algunos productos y subproductos tecnológicos.

Hans Jonas (2004) señaló que el gran poder tecnológico de la humanidad requiere del establecimiento de una nueva ética, basada en el principio de responsabilidad,⁸ ya que el hecho de que las acciones tecnológicas estén teniendo gran impacto sobre la naturaleza requiere que el hombre tome conciencia de sus acciones y actúe para garantizar la continuidad de la vida sobre la Tierra.

Este principio aplicado en el presente y en el futuro se encadena con el principio de precaución.

II. EL PRINCIPIO PRECAUTORIO (PP)

Algunas acciones tecnológicas han sido interrumpidas, suspendidas o sustituidas por otras debido a los posibles efectos negativos en el medio ambiente y en la salud, con base en el principio

⁷ Algunos accidentes en plantas químicas, termonucleares y petroleras, como los ocurridos en Three Mile Island, Love Canal, Bhopal, Chernobyl, y Exxon Valdez (Kahn, 2007).

⁸ *Principio de responsabilidad.* Capacidad para responder a los efectos y consecuencias de nuestros actos, la cual puede darse por actos en el pasado, presente y en el futuro (Jonas, 2004, y Linares, 2008).

o enfoque⁹ precautorio (PP), surgido del principio ético de la precaución, el cual a su vez puede ser entendido como

un conjunto de medidas que tienden a modificar, suspender o retirar un sistema o acción, en nuestro caso particular referido a la tecnociencia, cuando éste implica la plausibilidad¹⁰ de un daño¹¹ inacep-

⁹ Han surgido variantes en la terminología del PP debidas a la complejidad para su aplicación. Algunos lo usan como “principio” y otros como “enfoque” y según Artigas (2001), dicha terminología es indistinta. Se tienen diferencias: el enfoque se refiere a dirigir la atención o el interés hacia un determinado asunto o problema; entrar la visión en el objeto de interés; procurar ver el tema desde otro punto de vista (WordReference, 2009). El principio 15 la señala como criterio (norma, regla o pauta para conocer la verdad o la falsedad de una cosa; juicio para discernir, clasificar o relacionar una cosa; capacidad o facultad que se tiene para comprender algo o formar una opinión (WordReference, 2009).

¹⁰ *Plausibilidad*. Situación más atendible, porque comprende la posibilidad de consecuencias más serias que otras (Linares, 2008).

¹¹ *Riesgo*. Estimación de la probabilidad de que ocurra un daño. Del *it. risico* o *riscchio*, y este del ár. clás. *rizzq*, lo que depara la providencia). 1. m. Contingencia o proximidad de un daño. 2. m. Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro (Real Academia, 2009). Palabra que surgió en el siglo XII como estimación de la probabilidad de pérdida de la carga en el comercio marítimo (Carr e Ibarra, 2004). Tannert y cols. (2007) lo considera como una

table para el medio ambiente y/o para la sociedad; aunque no exista certeza científica suficiente y pruebas contundentes de ello, y si el posible daño es irreversible, o que pueda ampliarse a gran escala, ser incalculable o posiblemente mayor al beneficio de las acciones que se modifican (Linares, 2008).

El principio de precaución está encadenado con el de la responsabilidad en su dimensión presente y hacia el futuro, a través del establecimiento de los deberes de protección, prevención y previsión (Linares, 2008); además de ser un principio, podría considerarse que está relacionado con las virtudes

situación derivada de la toma de decisiones en condiciones de conocimiento con ciertas limitaciones, por encontrarse en situaciones complejas (área de la incertidumbre) en las que se sabe que se pueden tener efectos adversos, y que es un deber ético de los legisladores tomar decisiones lo más informadas, para la protección de la sociedad y del ambiente (con base en los principios de responsabilidad y precaución). Normalmente el riesgo se determina como la probabilidad de ocurrencia de un daño.

Peligro. Circunstancias en las que puede ocurrir daño(s). Tannert y cols. (2007) considera que en situaciones de incertidumbre, donde no se tiene conocimiento, se está expuesto a peligros desconocidos.

Daño. Perjuicio o deterioro de algo (WordReferentce, 2009).

dianoéticas,¹² particularmente con la *frónesis*, en cuanto a que es un proceso de deliberación para determinar lo que debe o no debe hacerse (Aristóteles, 2007).

La aplicación de medidas de precaución, como una necesidad para limitar las acciones tecnológicas, surgió en 1854 en Londres, con el retiro de las manijas de las bombas de agua, por la recomendación del doctor Snow, para detener el cólera, medida que permitió salvar muchas vidas (COMEST, 2005, 9). También se ha considerado que el origen de la aplicación del principio precautorio (PP) surgió en Alemania en 1930, con la definición de una política basada en el “buen manejo doméstico” (*Vorzorgeprinzip*),¹³ mediante la cual se estableció una asociación entre el individuo, la economía y el Estado, a fin de afrontar cambios para mejorar la re-

¹² Aristóteles (2007) considera que en el ser humano se pueden identificar dos tipos de virtudes: 1) las dianoéticas, con las cuales se nace como parte de la capacidad racional del hombre, y que pueden incrementarse a través del proceso de educación, y 2) las virtudes éticas, que son las que proceden de las costumbres. Las virtudes dianoéticas son la ciencia, la técnica, la prudencia, la sabiduría y el intelecto. Podríamos asociar la precaución con la prudencia, como un proceso racional de deliberación, como una capacidad de previsión, que tiene como “fin [determinar] qué debe o no hacerse”.

¹³ *Vorzorgeprinzip*. Término alemán que implica planificación preventiva y prevención del riesgo (Artigas, 2001).

lación entre la sociedad y la naturaleza, para la supervivencia (Artigas, 2001, 11). El origen de la aplicación del PP dentro del derecho positivo tuvo lugar en 1976 en Alemania, con la emisión de la ley para saneamiento del aire, como una responsabilidad con las generaciones futuras (COMEST, 2005).

La aplicación del PP implica la detección de los riesgos para la salud y el medio ambiente, mediante investigaciones completas, sincronizadas y armonizadas, aun cuando con el conocimiento científico no se haya llegado a resultados concluyentes (COMEST, 2005).

La aplicación del PP está basada en el establecimiento de medidas para prever, más que para remediar. Por ello ha pasado a formar parte de varios acuerdos internacionales, como el Protocolo de Montreal, para reducir y llegar a abolir la producción y uso de clorofluorocarbonos (CFC), ante los entonces posibles efectos en la capa de ozono (1987); el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992); el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial de Comercio (1992); los Tratados del Mar del Norte, para evitar el derrame de sustancias tóxicas al mar (1984-1995); la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992), la cual es retomada

por el Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2000), entre otros (Artigas, 2001, 12 y COMEST, 2005, 8).

La definición del PP de la Declaración de Río ha sido una de las más conocidas:

PRINCIPIO 15

Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente (UN, 1992, y COMEST, 2005).

Los elementos comunes en las diferentes declaraciones adoptadas del PP son: 1) la existencia de situaciones de incertidumbre; 2) se requiere de análisis científico de la situación; 3) no se conoce la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias del riesgo; 4) se aplica cuando los peligros son inaceptables; 5) descarta la estrategia de permanecer a la expectativa; 6) debe haber proporcionalidad en las medidas adoptadas con la dimensión del pos-

ble daño, no es de esperar que se llegue a riesgo “cero”, pero se buscará la opción que implique la menor posibilidad de daño; 7) se pueden tomar acciones inmediatas (restringir posibilidad de riesgo) y mediatas (para contener el daño), y 8) una medida precautoria es el desarrollo de más investigación para la generación de nuevo conocimiento y/o nuevos productos/procesos que impliquen menos riesgo (COMEST, 2005).

Para la aplicación del PP se requiere, como primer paso, que se determinen lo más que sea posible los riesgos inciertos y significativos, con base en el conocimiento científico disponible. En caso de que no haya un riesgo mayor al esperado, se pueden establecer regulaciones prudenciales, revisables y reversibles (Linares, 2008).

En caso de que se aplique el PP cuando hay una percepción del riesgo del uso de una tecnología, mayor al esperado inicialmente, se puede tener un “falso positivo”, lo que llevaría a dejar de aplicar dicha tecnología, y se podría detener el desarrollo tecnológico e incluso económico de una industria, sector y hasta de un país, y/o incluso podría afectarse mayormente al medio ambiente y/o salud por el uso de una tecnología anterior. En los casos de “falsos negativos”, es decir, que se percibe un daño menor al esperado y el daño ocurre, los culpables

pueden quedar impunes. Los casos más frecuentes han sido falsos negativos (Linares, 2008), lo que implica que en algunas aplicaciones tecnológicas ha habido una subestimación del riesgo tecnológico y/o una falta de aplicación del PP. Este hecho puede ocurrir, entre otras razones, porque los efectos de muchos productos se ven sólo cuando los productos y/o subproductos son liberados a los medios complejos y por la alta dinámica de cambio de dichos sistemas (Bechmann, 2004; Gómez, 2004, y McKinlay y cols., 2008).

En cuanto a la generación y difusión del conocimiento, la subestimación del riesgo puede ocurrir, entre otras razones, porque la mayor cantidad de investigación tecnocientífica se desarrolla y/o se coordina por empresas, que protegen con títulos de propiedad intelectual, y por tanto puede ser de circulación restringida. Lo anterior hace que sólo unos cuantos tengan elementos para la determinación de los límites permisibles del riesgo, y que en algunos casos haya subestimación de los daños potenciales, como ha ocurrido con productos para la salud y/o en la evaluación de productos químicos, como los pesticidas (McKinlay y cols., 2008).

Por otro lado, una de las dificultades para la aplicación del PP o para argumentar en contra y/o a favor de algún proceso y/o producto en la evaluación

del riesgo, es la inversión de la carga de la prueba¹⁴ (Linares, 2008).

El PP es imputable al tomador de decisiones, sea un individuo, empresa o un Estado, pero también hay que señalar que en la “sociedad de riesgo”, en algunos casos se pueden tener riesgos mayores, al no aplicar una nueva tecnología que puede remediar el daño ocasionado por otras acciones tecnológicas.

Por lo anterior, uno de los aspectos centrales en el proceso de toma de decisiones sobre la implementación y/o suspensión de acciones tecnocientíficas es que haya inversión en la generación de nuevo conocimiento, ya que en el caso contrario: “negarse a saber”, implicaría también una falta (“ignorancia culposa”). Aunque en derecho hay mayor culpa en la acción que en la omisión (a pesar de que ésta lleve a mayores daños que la actuación) (COMEST, 2005).

La precaución, en tanto que se desconocen las probabilidades de ocurrencia del daño, es una res-

¹⁴ Carga de la prueba. El que propone el cambio de actuación debe proporcionar las pruebas para dicho cambio (Artigas, 2001). “De acuerdo con el PP la carga de demostrar la seguridad incumbe a quienes proponen una nueva tecnología o una nueva actividad, los niveles de prueba de la ausencia de riesgo serán inversamente proporcionales al grado de responsabilidad de los actores” (COMEST, 2005).

ponsabilidad compartida, por lo que hay la posibilidad de liberar a muchos sobre la toma de decisiones (Linares, 2008), lo que a su vez puede constituir un riesgo mayor. De ahí la importancia de difusión de la información, que permita la participación democrática en los procesos de toma de decisión.

La importancia de la educación y la difusión de la información adecuada, para el mayor número de implicados en los procesos democráticos para la toma de decisiones “informada”, lleva a una corresponsabilidad (COMEST, 2005) de las acciones e inacciones; a la recuperación del respeto a la autonomía de los individuos (Linares, 2008); a una mejor capacitación para responder en caso de daño, y puede contribuir a la “fidelidad a la confianza”¹⁵ en las instituciones del Estado.

¹⁵ Fidelidad a la confianza. Pellegrino y Thomasma (1993) consideran que una de las virtudes que debe mantenerse en la relación médico-paciente es el ejercicio de la profesión médica sin limitarse al cumplimiento de una relación contractual, sino que el médico debe estar motivado y ser responsable del desarrollo su arte (*areté*) lo mejor posible para mantener la confianza de su paciente. Así, en la medida en que un Estado cuente con instituciones responsables de tomar el mayor cuidado en la evaluación del riesgo tecnológico y de ser necesario en la aplicación del PP para cuidar del bienestar de los ciudadanos y del ambiente, buscando el mayor beneficio para todos, en esa misma medida contaría con la confianza del pueblo.

III. EL PP COMO ELEMENTO BÁSICO DE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA EN SISTEMAS COMPLEJOS

La aplicación y uso intensivo de los procesos técnicos, tecnológicos y/o tecnocientíficos; la generación de conocimiento sobre las causas y efectos de los elementos externos para los seres vivos; el cambio permanente de los sistemas complejos, como los biológicos y sociales; los cambios metabólicos y procesos evolutivos de los seres vivos; el aumento de la contaminación ambiental, entre otros elementos, han llevado a la consideración de los procedimientos de toma de decisión, con base en los procesos de evaluación del riesgo y/o evaluación de impacto. En caso de que se tengan elementos para la sospecha de algún daño por alguna actividad tecnológica, cabe la posibilidad de aplicación del PP. Estos procesos de revisión constante también pueden llevar a la necesidad de la generación de nuevos productos y/o procesos que sustituyan o mejoren las condiciones de salud humana, animal, vegetal y ambiental.

El avance científico y tecnológico muestra cada vez más, que la mayor complejidad está en la integración de la información y en la generación de más conocimiento, como indica Luhman “cuanto más sabemos, mejor sabemos que no sabemos” (Bechmann,

2004). Sin embargo, es necesario generar e integrar cada vez más el conocimiento, ya que con la población mundial actual no es posible revertir la tendencia creciente para la generación de más y mejores productos para satisfacer las demandas de alimentos, para la salud, y en general satisfactores de manera sustentable.¹⁶

Por otro lado, la generación acelerada de nuevos productos para satisfacer la demanda existente o creada podría llevar a la reflexión sobre una responsabilidad y previsión de dichas acciones, e incluso para repensar aspectos como el control de la natalidad, ya que como especie biológica hemos roto el equilibrio natural, como lo indicamos previamente.

En la evaluación del riesgo, el PP es un orientador que brinda criterios útiles para determinar el curso de acción más razonable para enfrentar situaciones de riesgo potencial (COMEST, 2005). Pero a su vez la evaluación del riesgo es el elemento base para la toma de decisión sobre la aplicación o no del PP, formando una espiral, en la que constantemente se tiene que hacer una evaluación de

¹⁶ *Sustentable*. Tealdi (2008) explica cómo el término “sustentable” fue creado originalmente para definir lo que era compatible con la biosfera, y que ahora se le ha dado por algunos el significado de “lo que cada uno pueda sustentar con sus recursos”.

los riesgos, con la posibilidad latente de aplicación del PP, por tres razones básicas: 1) el cambio continuo de los sistemas complejos; es decir, son sistemas altamente dinámicos; 2) porque se ha visto que algunos cambios en los sistemas pueden presentarse entre diez a veinte años (EFSA, 2007, 5), y 3) porque los cambios son multifactoriales, y el cambio en alguno de los elementos puede cambiar los resultados y/o efectos de distinta manera (Briggs, 2008).

La aplicación del PP, como se indicó previamente, inicia con su establecimiento en varios acuerdos multinacionales y con relación a las tecnociencias y por los posibles efectos nocivos de productos farmacéuticos, químicos, nucleares, biotecnológicos, nanotecnológicos, entre los más importantes, por sus efectos en la salud humana y ambiental.

En 1879 se empezó a extraer de las minas el amianto (asbesto), y en 1898 se alertó de sus posibles efectos cancerígenos, pero no se suspendieron las actividades de extracción y comercialización, y se siguieron haciendo estudios. No fue hasta 1998-1999 cuando se prohibió su uso en algunos países de la Unión Europea, y a la fecha se sigue usando, sobre todo en países en desarrollo (COMEST, 2005, 10-11).

La sospecha de la relación entre la exposición a pesticidas y afecciones del sistema endocrino se

empezó a tener desde 1949, cuando se observó la reducción en la cuenta de espermatozoides en los pilotos que aplicaban DDT. Actualmente se ha visto que los pesticidas que afectan al sistema endocrino pueden tener relación con los diferentes tipos de cáncer, abortos espontáneos y otros desórdenes reproductivos y deformidades genitales, así como otros defectos de nacimiento y anormalidades de comportamiento. La exposición a los pesticidas ha mostrado tener efecto sobre los sistemas biológicos, por lo que se requiere de protección de los ecosistemas, por su propio derecho, aunque a la fecha se ha hecho sólo por la preocupación creciente de su afectación por los posibles efectos de su daño en el ser humano (McKinlay y cols., 2008), predomina el antropocentrismo, más que el biocentrismo. Para la evaluación de productos químicos liberados al medio ambiente se han establecido procedimientos y regulaciones para su manejo.

La aplicación del PP se ha dado debido a los efectos secundarios de los fármacos. Entre los casos más conocidos se encuentra el retiro de la talidomida, recomendada para la reducción de náuseas matutinas en embarazadas, que se comercializó entre 1958-1963, y más tarde se comprobó que provocó malformaciones en las extremidades de los bebés (COMEST, 2005); la trovafloxacina, un antibiótico aprobado en 1997 en Estados Unidos, que

a los pocos meses hubo reportes de fallo hepático; Merck Sharp and Dhome recibió demandas por la comercialización del Vioxx®, medicamento autorizado para tratamiento de artritis, por haber provocado ataques cardíacos, entre otros.

IV. EL PP EN LA BIOTECNOLOGÍA MODERNA

La posibilidad de aplicación del principio de precaución en el campo de la biotecnología podría considerarse que inicia en 1975 en la reunión de Asilomar,¹⁷ California, cuando previendo el gran potencial de aplicación e impacto de la biología molecular se declaró una moratoria (no desarrollo de acciones) para posponer la experimentación con organismos patógenos, hasta que se contara con más información para el manejo seguro de los mismos. Este acto desencadenó la inversión en investigación para la definición de las condiciones de investigación científica y tecnológica “más seguras” que

¹⁷ 1975, “Conferencia de Asilomar”, California, reunión de 140 científicos, abogados y representantes de otros sectores para discutir los riesgos de la experimentación con ácidos nucleicos, estableciendo el compromiso de trabajar en condiciones de contención y suspensión de experimentación con organismos patógenos (Berg, 2004).

permitieran el desarrollo de nuevos productos para la salud, agricultura, industria, etcétera.

Un elemento adicional para el establecimiento de normas éticas y jurídicas para el manejo de las tecnologías, además de los hechos mencionados, es el rechazo de los consumidores y población en general por la forma de manejo de las políticas tecnológicas. La agricultura ha sido utilizada desde hace diez mil años, y sus efectos sobre el medio ambiente han sido considerables, y lo han sido mayormente a partir del uso de productos químicos, pero no habían sido tan cuestionados como los productos transgénicos en la actualidad, lo que algunos consideran como un manejo biopolítico.¹⁸

¹⁸ *Biopolítica*. Michael Foucault la define como el estilo del gobierno que regula a las poblaciones, mediante el uso del *biopoder* (uso del poder para controlar los procesos de la vida) (De la Garza Camino, 2008, 108). El término aplicado a la ERA por Morris y Adley (2000) es considerado como el “flujo político que puede influir la política pública a nivel local, nacional e internacional”. Por otro lado, Peter (2002) considera que el cabildeo de las empresas transnacionales para la aprobación de la siembra de transgénicos en Canadá fue un manejo biopolítico en los términos definidos por Foucault. Lo que contribuye a esta percepción es el hecho de que en el mundo político, la abundancia de información o datos científicos desligados crean al mismo tiempo deficiencias en el conocimiento, lo que los hace inaccesibles para la toma de decisiones de los legisladores e instituciones estatales.

Es posible además que el cambio de percepción sobre los productos tecnológicos se haya dado también porque en términos de su desarrollo, la biotecnología moderna ha sido considerada por autores como Echeverría (2003, 133-144) como una tecno-ciencia que se desarrolla a partir de la tecnobiología, la que a su vez surge en la década de los cincuenta a partir de la utilización de la tecnomatemática en el desarrollo de proyectos computacionales para el desarrollo de balística, lo que a su vez dio origen al control automático y luego al surgimiento de la cibernetica. Los estudios fisiológicos crearon un modelo computacional de “máquinas que se autorreproducen”. En 1948 se desarrolló un programa en la Fundación Rockefeller de biología molecular, para hacer criptoanálisis y teoría de códigos, que más tarde llevaría a la definición del código genético; la biología se vio entonces como una ciencia de la información, estableciéndose instrumentos de computación para la investigación en 1952.¹⁹

Con estos antecedentes, y considerando a la biología basada en los avances de la genética (deter-

¹⁹ En 1952, en el simposio “Information Theory in Biology” se propuso que la cantidad de información en un ser humano, considerando que el “catálogo del genoma” tendría alrededor de un millón de bits.

minación del modelo de la doble hélice del ADN, el código genético y el desarrollo de las técnicas de recombinación de ácidos nucléicos [ADNr]. Echeverría (2003) considera que la biología empieza a funcionar como una tecnociencia; es decir, empieza a tener inversión de industria para su desarrollo, se realiza en redes de investigación, etcétera, lo cual es cierto para muchos desarrollos tecnológicos, particularmente en el desarrollo de nuevos medicamentos, como la insulina recombinante. Sin embargo, muchas otras áreas de investigación básica y/o desarrollo tecnológico no se han desarrollado a la misma velocidad, como lo han sido los estudios para enfermedades de países en vías de desarrollo; el desarrollo de procesos para tratamiento de efluentes, etcétera. Por el impacto de esta disciplina, muchos gobiernos han desarrollado planes nacionales, estratégicos y multianuales, para su desarrollo, como Canadá, Estados Unidos, la India, entre otros, y que en la actualidad son líderes en esta área.

En la biotecnología moderna intervienen disciplinas como la biología, biología molecular, biología celular, bioquímica, informática (bioinformática), ingeniería, microbiología, fisicoquímica, entre otras, que consiste en la aplicación del conocimiento científico y técnico para el estudio, modificación y utili-

zación de los sistemas biológicos (microbios, plantas, animales) y/o de sus partes (ácidos nucleicos, enzimas, etcétera), para la generación de bienes servicios y/o nuevo conocimiento básico y aplicado (Bolívar y cols. 2002).

La biotecnología moderna ha tenido gran impacto en el ámbito científico, tecnológico, social e industrial. En la generación de productos para la salud humana y animal, como métodos de diagnóstico, vacunas, procedimientos y/o productos terapéuticos; en la agricultura, a través de la generación de biocontrol de plagas, la biofertilización, y a partir de 1996 con las plantas transgénicas; además de los productos para el diagnóstico, identificación y cuantificación de patógenos, etcétera; en la producción de alimentos, se puede destacar la utilización de enzimas; en la generación de procesos y productos para el tratamiento de la contaminación, para la generación de fuentes de energía alternas, nuevos materiales (bionanotecnología), productos de la biología sintética,²⁰ entre otros.

²⁰ *Biología sintética*. Término que apareció en la literatura en 1980 por Barbara Hobom, para describir la aplicación de técnicas de ADNr para la transformación de organismos vivos, como las bacterias, que por haber una intervención humana surgió el término “sintético”. Este término fue sinónimo de bioingeniería. Más tarde, en el año 2000, reapareció el término usado por Eric Kool, para describir la síntesis de moléculas

El PP ha sido integrado como parte fundamental de los lineamientos y/o estrategias para el uso de organismos genéticamente modificados (OGM) de acuerdo con el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (UN, 1992). Es recogido en el artículo 1o.²¹ del Protocolo de Cartagena para la Seguridad de la Biotecnología Moderna (Protocolo de Cartagena), y en el caso de México, se retoma e incluye en el artículo 9o. de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LOGM, 2005).

En la definición del PP hay una triple negativa, que es interpretada como la falta de pruebas (1), no justifica (2), la inacción (3), lo que llevaría a la in-

orgánicas no naturales que funcionan en seres vivos, “rediseño de la vida”. Actualmente se usa para describir las metodologías mediante las cuales se usan moléculas sintéticas para reproducir vida artificial, o el intercambio de partes de organismos naturales para insertarlos en sistemas sin vida (Benner y Sismour, 2005).

²¹ “Artículo 1. Objetivo: De conformidad con el enfoque de precaución que figura en el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del Protocolo es contribuir a garantizar el nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los OGMs... que puedan tener efectos adversos para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos” (SCDB, 2000).

terpretación de que “puede haber una intervención precautoria, pero que no exige dicha intervención” (COMEST, 2005).

El PP, como parte del Protocolo de Cartagena, ha sido interpretado y aplicado con los resultados de la evaluación del riesgo de las plantas transgénicas a la salud y ambiental de acuerdo con las decisiones de cada país, lo que ha llevado consigo a la definición de las diferentes políticas en la aplicación agrícola de estos productos.

V. ACCIONES RELACIONADAS CON LA LIBERACIÓN DE PLANTAS TRANSGÉNICAS Y CON EL PP

Debido a falta de conocimiento suficiente sobre los daños potenciales de la liberación ambiental de las plantas transgénicas, se han establecido procedimientos para la evaluación del riesgo ambiental “ERA”. En este proceso hay tres elementos fundamentales: una liberación gradual (paso a paso), particular (caso por caso), con base en la mejor evidencia científica posible. Además, se han llevado a cabo reuniones de expertos en la materia apoyadas y auspiciadas por organismos internacionales para la armonización de los procedimientos en todos los países. A pesar de la homogenización del proceso,

cada país tiene la facultad de incluir otros criterios para la toma de decisiones.

En el caso de los países que están de acuerdo con el uso de transgénicos, como Estados Unidos,²² ellos aplican sus procedimientos a través de las agencias gubernamentales, con un enfoque de “producto equivalente” (para evaluación de los posibles riesgos a la salud) y en el caso ambiental, han adoptado el término “familiaridad”.²³ La evaluación de productos, que con el paso de los años y por la falta de pruebas de daños graves (cuadro 1) han establecido un criterio mediante el cual aplican las pruebas convencionales para evaluación para consumo humano o animal; en caso de evaluación ambiental, aplican los procesos utilizados en otros productos para la agricultura y para la alimentación.

En la Unión Europea se ha aplicado una política precautoria, y aunque hay directivas comunitarias que tratan de dar los mejores criterios para la operación, comunes, de manera armónica y consen-

²² No ratificó el Protocolo de Cartagena.

²³ *Familiaridad*. Significa que las OGM presentan características muy similares al organismo antes de su transformación, con una biología bien conocida, lo que permite un acercamiento a la evaluación del riesgo, considerando por ejemplo características de floración/reproductivas, requerimientos ecológicos, experiencia en el cultivo de las plantas, etcétera (OECD, 2006).

suada, pero cada país puede optar por la siembra o no de transgénicos. En general, los países europeos han tardado más en la liberación y siembra de plantas transgénicas (cuadro 2) aplicando una política basada en el PP.

En el caso de los países con menor desarrollo, como el nuestro, en el que se cuenta con la LBOGM, que entró en vigor en 2005, y su Reglamento (en vigor a partir de 2008), se ha optado por una política mixta; es decir, liberación gradual y precautoria. El resumen de las políticas en torno a la evaluación del riesgo ambiental se muestra en el cuadro 3.

La diferencia en la toma de decisión en cada Estado puede atribuirse a la diferencia de las estrategias consideradas para la agricultura, las condiciones económicas, las campañas en contra de los transgénicos, diferencia en la percepción al riesgo de los individuos, la falta de certeza, entre otros factores. Estas diferencias de políticas han contribuido a la inquietud en materia de bioseguridad²⁴ de estos productos, y a la politización.

²⁴ *Bioseguridad*. En el contexto de la biotecnología moderna es el marco jurídico, procedimientos e instancias que garantizan el uso adecuado y con el menor riesgo posible para la salud humana, animal, vegetal y el medio ambiente de cierto tipo de productos y procesos de la biotecnología moderna, incluyendo los organismos transgénicos (IBT, 2007). Se refiere

La política europea de la evaluación del riesgo con enfoque precautorio es un ejemplo de la aplicación del PP. Con base en la Directiva 90/220/EEC de 1998 al 2000, la Comisión Europea autorizó sólo la comercialización de 18 OGM, y en 1999, las autoridades europeas informaron que detendrían las autorizaciones, por dudas sobre la bioseguridad por la muerte de las mariposas monarca, de acuerdo con el estudio de la Universidad de Cornell (Morris y Adley, 2000).

En agosto de 2003, Estados Unidos, Canadá y Argentina iniciaron una disputa en la Organización Mundial del Comercio (OMC) contra la Unión Europea (UE) por el retraso en las aprobaciones para los cultivos transgénicos. Se estableció un panel para decidir sobre el asunto “Comunidad Europea-Medidas que afectan la aprobación de los productos biotecnológicos”, ante el cual las partes involucradas sometieron sus argumentos, a partir de mayo de 2004. No sólo expusieron elementos técnicos, sino también políticos (participación democrática

a las medidas destinadas a evitar los riesgos para la salud y la seguridad humana, y para la conservación del medio ambiente, derivados del uso de organismos infecciosos o genéticamente modificados en investigación y en las prácticas comerciales (Zaid, 2002).

en el diseño y operación de la OMC, entre otros) (Winickoff y cols., 2005). En 2008, las partes demandantes se retiraron de la disputa (EFE, 2008).

Por otro lado, y aunque no como parte de una política ambiental, pero sí como otro ejemplo de la aplicación del PP en el riesgo de los alimentos OGM, y en particular como una respuesta a la *fidelidad de la confianza* y respeto a la autonomía de los consumidores,²⁵ las autoridades comunitarias de la Unión Europea establecieron también reglas para los productores de alimentos, tales como la trazabilidad²⁶ de los productos y el etiquetado.

En el caso de México, en 1988 se recibió la primera solicitud para importar y liberar en campo tomate con la característica de resistencia a insectos. La Secretaría de Agricultura formó en 1989 el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA),

²⁵ En países avanzados o con una participación democrática con mayor nivel cultural, autoridades responsables, es posible la actuación precautoria, y es posible también una respuesta más uniforme en caso de emergencias.

²⁶ *Trazabilidad*. Posibilidad de encontrar y seguir el rastro a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con posibilidad de serlo (Reglamento CE 178/2002, que también incluye los procedimientos y condiciones para el etiquetado).

integrado por investigadores en agronomía, genética y ecología, que emitía sus opiniones; aunque la responsabilidad de los permisos correspondía a la Dirección General de Sanidad Vegetal, apoyados por el CNBA, quienes realizaron las pruebas experimentales, mediante las regulaciones emitidas en los noventa, como la Ley Federal de Sanidad Vegetal y la Ley sobre la Producción, Certificación y Comercio de Semillas. En 1996 se publicó la Norma Oficial NOM056-FITO-95, para la aprobación de cultivos modificados genéticamente, para la importación y movilización, y aunque no se cubrían los aspectos de comercialización, esta norma funcionó durante nueve años, hasta que entró en vigor la LBOGMS, en 2005 (INE, 2008). Cabe mencionar que hubo un proceso de análisis de varias iniciativas de ley propuestas previas.

En 2001, la revista *Nature* publicó un artículo de los investigadores de la Universidad de California, Quist y Chapela, que reportaron la presencia de maíz transgénico en Oaxaca. Este artículo fue rebatido por otros investigadores, quienes señalaron que había problemas técnicos para la detección de los transgénicos. Las autoridades mexicanas solicitaron estudios a centros de investigación, que confirmaron el hallazgo en 2002 (Dalton, 2008). En junio de 2003, el gobierno mexicano declaró una moratoria de facto para la ERA y siembra de

plantas transgénicas (CEC, 2004), lo que implicó la aplicación del PP.

Por su parte, grupos de campesinos y ONG solicitaron estudios a la Comisión para la Cooperación Ambiental (“CEC” por sus siglas en inglés), formada en términos descritos en el Tratado de Libre Comercio (TLCAN), sobre las implicaciones de la presencia de maíz transgénico en México. Algunos de los elementos del informe²⁷ son: se comprobó la presencia de maíz transgénico en los campos mexicanos donde hasta entonces no se había autorizado la liberación ambiental; la presencia de transgénicos fue atribuida a la siembra de productos para consumo distribuidos por DICONSA; no hubo una consulta para la aprobación de importación de maíz transgénico, y sí una presión comercial [por insuficiente producción interna y por el cumplimiento de los acuerdos comerciales en el Tratado de Libre Comercio (CEC, 2004)].

En 2005, después de la publicación de la LOGM, el titular de la Secretaría Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (Sagarpa) infor-

²⁷ El informe del análisis, estructurado por dieciséis expertos, fue sometido a la opinión pública a través de una reunión trinacional de 384 personas (280 mexicanos). Después de la revisión de las conclusiones, el informe final se entregó a la CEC en el mismo año 2004 (CEC, 2004).

mó del inicio de pruebas de campo de maíz transgénico de empresas transnacionales, con el apoyo de centros de investigación como parte del “Proyecto Maestro del Maíz”, lo que no fue autorizado por la Cámara de Diputados, pero que desencadenó la polémica y revisión de los cuerpos legislativos para el establecimiento de un régimen especial para el cultivo de maíz, por ser México, centro de origen de este cultivo (San Vicente, 2005).

En marzo de 2009 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la modificación al Reglamento de la LBOGM para el establecimiento de los requisitos para someter solicitudes de liberación de maíz transgénico, con lo cual se ha abierto la posibilidad para la evaluación de este cultivo, y se tienen algunas solicitudes para liberación experimental de maíz en proceso de revisión.²⁸

Sigue una gran controversia, por la confirmación del hallazgo de los transgénicos, por distribución de productos para consumo importados, sin etiquetar y en general por la falta de una política de difusión de la información, hay en el país sectores que rechazan totalmente la posibilidad de liberación de estos productos, en particular del maíz.

²⁸ http://www.cibiogem.gob.mx/OGMs/Solicitudes_Reg_OGMs.html.

CUADRO 1
Casos de incidentes con plantas transgénicas reportados

<i>Año</i>	<i>Empresa</i>	<i>Cultivo</i>	<i>Evento</i>
1997	Limagrain Seed y Monsanto	Canola canadiense	Retiro de 60,000 bolsas no autorizadas
1999	—	Cultivos resistentes a plagas	Se encontró evidencia de daño a mariposas monarca, especies no objetivo.
2000-2006	Aventis CropScience	Maíz StarLink (no autorizado consumo humano)	El costo por el retiro de este maíz fue de más de 1,200 millones de dólares
2001	Monsanto	Maíz resistente a insectos	Mezcla de maíz de prueba con comercial
2001	Bayer CropScience	Arroz transgénico LLRICE601	2007 se dio a conocer diseminación de cepa de prueba en cultivo comercial.
2002	ProdiGene	Falta de control de maíz en pruebas de campo y mezcla con productos comerciales	Destrucción de 155 acres de maíz

FUENTES: Bayer, 2009; Fox, 2003; Eggers, 2007; Ledford, 2007; GM-Compass, 2009; Morris y Adley, 2000; Thompson, 2007; Zwahlen y Zwahlen, 2006.

CUADRO 2
Liberación y siembra de plantas transgénicas en países europeos

<i>País</i>	<i>Inicio cultivo</i>	<i>Superficie sembrada con OGM</i>
España	1998	0.1 millones de ha (2008)
Francia	2005	21,200ha (2007)
República Checa	2005	5,000 ha (2007)
Rumania	—	Menos 0.1 millones ha (2008)
Portugal	2005	4,199 ha (2007)
Alemania	2006	2,685 ha (2007)
Polonia	—	Menos 0.1 millones ha (2008)
Eslovaquia	2006	900 ha (2007)

Maíz Bt176, MON810, T25, el más utilizado es el MON810 de monsanto, se han aprobado en varios países derivados de este último.

FUENTE: GM Compass, 2009.

CUADRO 3
Resumen de criterios para la evaluación del riesgo ambiental
de la liberación de plantas transgénicas

<i>Característica</i>	<i>USA</i>	<i>Unión Europea</i>	<i>México</i>
Legislación/regulación	<ul style="list-style-type: none"> Regulación preexistente. Nueva coordinación (<i>Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology</i>). 	<p>Nueva regulación:</p> <p>Directiva 90/220 para liberación experimental y Directiva 2001/18</p>	<p>Nueva</p> <ul style="list-style-type: none"> Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) Reglamento de la LBOGM (2008) y Modificación Régimen especial maíz (2009) Normas que se deriven...
Agencias / secretarías responsables	<ul style="list-style-type: none"> Creación <i>Office of Scientific Technology Policy</i> (OSTP) para coordinar, distribuir y realizar estudios Agencias FDA, EPA y USDA 	<p>Comisión Europea:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Environment DG</i> <i>Scientific Advisory Committee</i> <i>European Food Safety Authority (EFSA)</i> <p>Cada país puede autorizar la liberación</p>	<ul style="list-style-type: none"> Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) Sagarpa (Productos agrícolas) con opinión de Semarnat (Silvicultura – especies silvestres, impacto ambiental, etc.) SSA (Revisión para productos para consumo humano)

Enfoque	<p>“Producto” Técnicas de ADNr consideradas “seguras” “Equivalencia sustancial” “Familiaridad”</p>	<p>“Proceso” Evaluación caso por caso y paso por paso Precautorio</p>	<p>“Producto” y “proceso” Liberación gradual Evaluación caso por caso y paso por paso Posibilidad de aplicar el principio precautorio con base en conocimiento científico</p>
Principales rasgos de la política	<p>Producto “No regulado” Sistema de notificación Sistema de permisos Procesos más estrictos para sustancias químicas, farmacéuticas y para productos importados (sistemas de contención)</p>	<p>Considerar en ERA efectos directos e indirectos (interacciones con otros organismos, transferencia de material genético, etc.), efectos inmediatos (durante liberación) y diferidos</p>	<p><i>Regímenes:</i> Avisos. En laboratorio P Permisos. Liberación (experimental, piloto y comercial, incluyendo importación de transgénicos) Autorizaciones. Para consumo humano y para biorremediación. Base mínima el posible efecto sobre organismos parentales.</p>

Elementos en ERA	<p>Caracterización del OGM en las fases de liberación</p> <p>Caracterización de efectos en la biodiversidad. Efectos a lo largo del tiempo (en unos se considera dentro del ERA como estrategias de seguimiento-monitorio)</p>	<p>Evaluación de probabilidad de ocurrencia</p> <p>Estimación de riesgo</p> <p>Aplicación de estrategias de gestión del riesgo</p> <p>Determinación de riesgo global</p> <p>Conclusiones sobre impacto potencial</p>
Elementos distintivos	<p>USDA-APHIS propuesta 2007 de procedimientos modificados (<i>Programmatic Environmental Impact Statement “EIS”</i>)</p> <p>Productos químicos / farmacéuticos</p>	<p>Parte de la ERA consiste en la consulta a un comité ético</p> <p>Consideración de efectos acumulados a largo plazo</p> <p>Informe cada tres años, con ventajas y desventajas socioeconómicas</p> <p>Determinación de causas y consecuencias de efectos adversos.</p> <p>Consulta a comunidades sobre liberación (CIBIOGEM: “solicitud por escrito a autoridades locales”).</p>

VI. CONCLUSIONES

Jonas (2004) propone el establecimiento de una nueva ética para el mundo tecnológico, basada en la responsabilidad sobre los actos presentes y futuros, para asegurar la continuidad de la vida sobre la Tierra. Asimismo, la precaución es esencial, y se traslapa con el principio de responsabilidad, donde la humanidad requiere de una nueva actitud de mayor conciencia de sus acciones y respeto, no sólo a los individuos de la propia especie, sino también hacia el medio ambiente y en general hacia la Tierra.

El PP cobra cada vez más importancia, por la complejidad y volumen de productos y subproductos tecnológicos. Hoy como nunca, la integración de equipos de investigación multidisciplinarios, donde además de evaluar la eficiencia y rentabilidad de los nuevos procesos y productos, se requiere de una evaluación de los riesgos de su uso, pero esta evaluación no sólo debe estar enfocada a los nuevos productos, en comparación con los que serán sustituidos, y también con el riesgo de no desarrollar y utilizar nuevas tecnologías.

Los procesos de evaluación de riesgo son la base para la aplicación del PP, y ambos requieren de revisiones constantes. De hecho, en la producción de fármacos y sustancias químicas, los grupos de inves-

tigación básica y aplicada han sido la base para la detección de nuevos riesgos, pero también para orientar la generación de nuevos y mejores productos.

Otro factor fundamental en la nueva ética basada en la precaución, y aprovechando las redes de información que han interconectado a la humanidad, como internet, es la difusión del conocimiento, que es una herramienta fundamental para la evaluación, aceptación de un nuevo producto, para el consumo más racional, para observar los posibles efectos como usuarios, y en caso de requerir en algunos de ellos de la aplicación del PP, para la adopción de medidas más eficientes.

En el caso particular de las plantas transgénicas, el resumen histórico muestra cómo México estableció una moratoria de facto, incluso para la ERA, de maíz transgénico, a pesar de la cual se encontraron en los campos de cultivo maíces modificados por la siembra de productos importados para el consumo (que no estaban separados ni etiquetados), lo que muestra que para los sistemas abiertos como la producción agrícola, y en el caso de países poco desarrollados tecnológicamente, la aplicación del PP estará limitada por la falta de participación informada, a diferencia de la moratoria establecida en los países europeos (donde el etiquetado y trazabilidad son medidas precautorias obligatorias), donde ade-

más tienen sistemas más tecnificados y controlados para la producción agrícola.

Por otro lado, en México hay una deficiencia de producción de granos básicos, ya que no se cuenta con sistemas de producción competitivos, lo que fomenta la migración y abandono de tierras, aumento de importaciones, aumento de pobreza, etcétera.

No hay políticas ni planes estratégicos para mejorar la producción agrícola, ni la investigación. Los esfuerzos están aislados, lo que lleva a sistemas productivos ineficientes.

La aplicación del PP ante esta situación es el fomentar la estructuración de un plan maestro para impulsar la investigación para mejorar la producción agrícola, que incluya la investigación básica para la generación de nuevos productos, procesos, procesos de evaluación y seguimiento; la integración del conocimiento tradicional y de las prácticas agrícolas compatibles con nuevas técnicas de producción; investigación para aprovechamiento de residuos; estudios de impacto socioeconómico de las estrategias de producción; establecimiento de bancos de germoplasma; fortalecimiento para la generación de bases de datos sobre la biodiversidad, etcétera.

Como se ha determinado por muchos expertos, la aplicación del PP no implica inacción, sino todo

lo contrario, y como aquí se ha ilustrado, se requiere de más investigación y educación, mediante formación de redes de expertos en diferentes campos, por la limitación de recursos, pero también se requieren análisis de lo que cuesta el subdesarrollo, en términos de pobreza, subsidios para la salud, etcétera.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ARTIGAS, Carmen, 2001. *El principio precautorio en el derecho y la política internacional*, Santiago, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL / Naciones Unidas.
- BAYER, 2009, <http://www.bayercropscience.com/bcswb/cropprotection.nsf/id/20061004>.
- BENNER, Steven A. y SISMOUR, Michael A., 2005. *Nature Reviews Genetics*, 6, 533 -543. <http://www.nature.com/nrg/journal/v6/n7/pdf/nrg1637.pdf>.
- BRIGGS, David J., 2008. “Review. A framework for integrated environmental health impact assessment of systemic risks”, *Environmental Health*. 7, 61, 1-17.
- BOLÍVAR, Francisco (coord. y comp.) *et al.*, 2002. *Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI. Retos y oportunidades*, México, Conacyt-Fondo de Cultura Económica.

Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, *Diario Oficial de la Federación*, 14 de marzo 2008.

http://www.cibiofem.gob.mx/Norm_Leyes/Reglamento_LBOGM.pdf.

Commission for Environmental Cooperation (CEC), Secretariat Report. 2004. Maize & Biodiversity, the effects of transgenic maize in México, Key findings and recommendations, Canada http://www.cec.org/files/PDF//Maize-and-Biodiversity_en.pdf

DALTON, Rex, 2008. “Modified genes spread to local maize”, *Nature*, 456.

GARZA, María Teresa de la, 2008. “Bioética y biopolítica”, en GONZÁLEZ VALENZUELA, Juliana (ed). *Perspectivas de bioética*, 108-122, México, UNAM-Comisión Nacional de los Derechos Humanos-Fondo de Cultura Económica.

GONZÁLEZ, Juliana, 2007. El ethos, destino del nombre 2a. reimpresión, México, Fondo de Cultura Económica.

ECHEVERRÍA, Javier, 2003. *La revolución tecnocientífica*, Madrid, FCE.

EFE, 19, febrero, 2008. “EEUU y la UE acuerdan suspender el arbitraje en la OMC por transgénicos”, *SOITU.ES/Actualidad*. http://www.soitu.es/soitu/2008/02/19/info/1203438034_784379.html.

- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA), 2007. Environmental risk assessment of genetically modified plants challenges and approaches, Scientific colloquium series 8. 20-21 June. Italy. http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Event_Meeting/sci_coll_8_summary_report,0.pdf?ssbinary=true.
- EGGERS, T. W., 2007. "Out of bounds", *Nature* 445.
- FOX, Jeffrey, 2003. "Puzzling industry response to ProdiGene fiasco", *Nature Biotechnology*, 21.
- Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, México, *Diario Oficial de la Federación*, 18-03-2005. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/Ley_BOGM.pdf.
- Gaceta Parlamentaria*, 24 de noviembre de 2005 <http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/59/2005/nov/20051124.html>.
- GMO-COMPASS, 2009. <http://www.gmo-compass.org/eng/>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE), <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/446/rojas.html>.
- JONAS, Hans, 2004. *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, 2a. ed., Barcelona, Herder.
- KAHN, Mathew E., 2007. "Environmental disasters as risk regulation catalysts? The role of Bhopal, Chernobyl, Exxon Valdez, Love Canal and Three

- Mile Island in shaping U.S.,” *Environmental law. Journal Risk Uncertainty*. 35:17-43.
- LEDFORD, Heidi, 2007. “Out of bounds”. *Nature*, 445.
- LEOPOLD, Arnold, 2007. “La ética de la Tierra”, trad. Rozzi, Ricardo y Francisca Massardo, *Ambiente y Desarrollo*, Santiago, 23, 1.
- LINARES, Jorge Enrique, 2008. *Ética y mundo tecnológico*, México, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras-Fondo de Cultura Económica.
- McKinlay, R. *et al.*, 2008. “Endocrine disrupting pesticides: Implications for risk assessment”, *Environmental International*, 34, 2, febrero 2008.
- http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V7X-4PP7R7D-1&_user=945819&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000048981&_version=1&_urlVersion=0&_userid=945819&md5=845aeee312a9126c406dfc36482b806b
- MORRIS, Shane and ADLEY, Catherine, 2000. “Evolving European GM regulation: an example of biopolitics at work”, *TIBTECH*, 18.
- OECD, Working Group on Harmonization of Regularoty Oversight in Biotechnology, 2006. Safety assessment of transgenic organisms. <Http://oberon.sourceoecd.org/vl=1032347/cl=34/nw=1/rpsv/cgi-bin/fulltextew.pl?prpsv=/>

ij/oecdthemes/99980061/v2006n20/s1/p11. idx&fs=/cw/vhosts/oecd/sess/ftframeset_elsewhere.tpl&barhtml=/cw/vhosts/oecd/sess/fttoolbar.tpl&mainhtml=http%3A//new.sourceoecd.org/rpsv/cgi-bin/fastforward%3Fhttp%3A//saturn.bids.ac.uk/cgi-bin/ds_deliver/18/cwuser/cid18/IS_NOLOG/18/oecd/16080211/2006/00002006/00000020/9706051e/505FB1CBAE65573812330006096D0D3261D53C8B82.pdf%3Flink=http%3A//www.catchword.com/docerror.htm%26cn=44032344%26ac=46005725%26fmt=.pdf&volume=2006&issue=20&topissn=99980061&issuenumber=20&firstpage=1.
Consulta 18 de septiembre de 2009.

PELLEGRINO, Edmund D. y THOMASMA, David C., 1993. *The Virtues in Medical Practice*, Oxford University Press.

PETER, Andree, 2002. *Biopolitics of genetically modified organisms in Canadá*, http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3683/is_200210/ai_n9120038?tag=untagged.

QUIST, David and CHAPELA, Ignacio H., 2001. “Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico”, *Nature*, 414.

SAN VICENTE, Adelita, 2006. ¿Necesita México variedades transgénicas para producir maíz?, <http://www.alasru.org/cdalasru2006/13%20T%20G0Adelita%20San%20Vicente%20Tello.pdf>

SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA (SCDB), 2000. Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica.

SHRADER-FRECHETTE, K. S., 1991. *Risk and Rationality*, University of California Press.

TEALDI, Juan Carlos, 2008. *Bioética de los derechos humanos, investigaciones biomédicas y dignidad humana*, México, UNAM.

THOMPSON, William, 2007. *US GMO regulatory environment and European Union GMO regulations and Market Trends, Genetic ID Report*.

UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, RESOURCES, 1992. Programa 2: Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_riodecl.shtml.

WINICKOFF, David *et al.*, 2005. “Adjudicating the GM Food Wars: Science, Risk and Democracy in World Trade Law”, *The Yale Journal of International Law*, 30.

ZAID, A., Hughes, H. G., Porceddu, E. and Nicholas. 2002. *FAO Biotechnology Glossary publication*, http://www.fao.org/sd/2002/KN0502_en.htm.

ZWAHLEN, Andow and ZWAHLEN Claudia, 2006. “Assessing environmental risk of transgenic plants”, *Ecology Letters*, 9.