

El principio precautorio y los riesgos en el cultivo de variedades transgénicas

*Salvador Darío Bergel**

El texto plantea las opiniones encontradas de la aplicación del principio de precaución al cultivo de las variedades transgénicas. Se trata de un tema relevante, en tanto que las resoluciones que hoy se adopten podrán incidir en el futuro de la agricultura mundial. Lo que sucede –de más está señalarlo– es grave en tanto se ha omitido deliberadamente un debate serio y plural, teniendo a la vista las consecuencias previsibles o imaginables de las nuevas tecnologías de la vida.

The text discusses various opinions encountered of the application of the principle of precaution in the cultivation of various transgenic products. It deals with a relevant topic, in as much as that the resolutions that they adopt today could affect the future of world-wide agriculture. What follows to stress the point – is serious in as much as it has deliberately avoided a serious and two-sided debate, with a view to the already visible or imaginable consequences of the life's new technologies.

SUMARIO: I. Introducción. / II. El riesgo como componente de la sociedad contemporánea. / III. La gestión de los riesgos en una sociedad democrática. / IV. La elaboración del principio de precaución. / V. Los elementos integrantes del principio. / VI. La ingeniería genética como actividad riesgosa. / VII. Los riesgos de la transgénesis vegetal. / VIII. Conclusiones. / Bibliografía.

I. Introducción

Mientras la aplicación a la agricultura mundial de las tecnologías basadas en ingeniería genética avanza en forma sostenida, amenazando con transformar en pocos años su perfil, asistimos a un desordenado

debate en el que se exhiben sin mayor orden o profundidad argumentos provenientes de diversos campos del saber (científico, político, económico, ecológico, ético, etc.) que en su conjunto –lejos de iluminar el camino– contribuyen a crear un mayor grado de incertidumbre, a lo cual cabe adicionar que debemos tomar muy en cuenta que detrás

* Falta ficha de Autor

de este debate existen importantes intereses económicos, políticos y sociales comprometidos, que pugnan por prevalecer (Muñoz, Emilio, 2000, p. 373; Porzecanski, I., 2001, p. 133; Cittadini, R., 2002, p. 6).

A no dudarlo, se trata de un tema relevante en tanto que las resoluciones que hoy se adopten podrán tener incidencia decisiva sobre el futuro de la agricultura mundial (y de la alimentación humana, por ende) comprometiendo paralelamente aristas vinculadas a la salud humana y animal, a la biodiversidad y a los ecosistemas.

En este debate, llama poderosamente la atención la existencia de posiciones fuertemente encontradas, no sólo entre sectores diferenciados (v.g. sector industrial vs. sector del consumo) sino aun dentro de un mismo sector (v.g. en el seno del sector científico). Así, mientras pueden oírse opiniones de expertos y de científicos, en el sentido que las variedades transgénicas no implican riesgo alguno para el hombre o el medio ambiente, paralelamente podemos escuchar a calificados componentes de la comunidad científica advirtiéndolo, con atendibles razones, acerca de los daños irreversibles que puede importar para la agricultura, los seres humanos y los ecosistemas.

A todo esto debemos agregar que el nivel de información del que dispone la sociedad es inadecuado y muchas veces tendencioso, sin que quepa advertir en los poderes políticos un mayor interés por generar un debate que se oriente en términos aceptables para contribuir a conformar una opinión pública ilustrada que sirva de base para la toma de decisiones racionales.

El propósito que persigue este estudio es el de ubicar el tema en una órbita racional que excluya argumentos efectistas tales como los referidos a la necesidad de

solucionar los problemas del hambre en un mundo superpoblado a través de cultivos transgénicos, en la necesidad de limitar el empleo de agroquímicos en beneficio de la salud humana, o el de oponerse a su difusión por provenir de procedimientos técnicos no naturales, etcétera.

El estudio parte de un dato suficientemente conocido y estudiado: el sobredimensionamiento de los riesgos en la sociedad contemporánea. A partir de ello, incursionamos en los límites de aceptabilidad social de los riesgos para llegar al punto central del análisis: la aplicación del principio de precaución al cultivo de las variedades transgénicas.

Adelantamos nuestra posición en el sentido que resulta incuestionable observar este principio en las decisiones políticas que se adopten respecto a la transgénesis vegetal, tomando en cuenta el grado de incertidumbre científica existente y las graves consecuencias que eventualmente puede tener sobre el medio ambiente y sobre el futuro de la agricultura mundial la utilización de tales tecnologías.

Antes de continuar, consideramos conveniente delimitar los campos asignados al riesgo y al peligro, nociones que si bien están relacionadas entre sí, muestran notas diferenciadoras. Luhman señala que tanto en el caso de peligro como el de riesgo se trata de posibles daños futuros, cuyo nacimiento resulta en el momento presente algo inseguro y más o menos improbable. Cuando se trata de peligro se atribuye el nacimiento del daño al entorno o al medio ambiente, mientras que cuando se trata de riesgos se ve como una consecuencia de la propia actuación u omisión. La diferencia se establece por tanto como una cuestión de imputación o imputabilidad (Luman, N., cit. en López Cerezo, J. A. y Luján, J. L., 2000, p. 23).

II. El riesgo como componente de la sociedad contemporánea

Nuestro tiempo puede caracterizarse por la acentuación de los riesgos a los que se ven expuestas las sociedades en función de decisiones políticas muchas veces tomadas a sus espaldas.

Ulrich Beck desde una posición fuertemente crítica denomina a las sociedades contemporáneas como “sociedades del riesgo global”, caracterizándolas como aquellas sociedades que al principio de manera encubierta y luego en forma cada vez más evidente están enfrentadas a los desafíos de la posibilidad de la autodestrucción real de todas las formas de vida en este planeta (Beck, 1998a, p. 120).

En forma reiterada, a lo largo de las últimas décadas, se han privilegiado sistemas y tecnologías de producción que han conducido al planeta a una situación límite (contaminación del aire y del agua, erosión de los suelos, recalentamiento de la Tierra, disminución de la capa de ozono y aumento de las radiaciones, pérdida de la diversidad biológica, etc.). No ha sido un obstáculo para continuar con este proceso destructivo de la vida la sucesión de una serie de catástrofes que pusieron al descubierto la fragilidad de los mecanismos de seguridad para afrontar situaciones límite (Chernobyl, Bompfal, diversos desastres alimentarios y ecológicos, etcétera.).

Es evidente el dominio de los intereses económicos por encima de los políticos y los sociales. Las decisiones políticas (traducidas en un hacer o en una abstención) se toman priorizando los requerimientos del mercado. La sociedad y sus instituciones (incluidas las políticas) se subordinan a este nuevo poder que exige de una nueva filosofía a su servicio.

En este contexto –lo señala Beck– los riesgos se minimizan mediante cálculos que llegan a resultados que sólo son riesgos, se eliminan mediante comparaciones y se normalizan jurídica y científicamente por medio de comparaciones como “riesgos residuales e improbables”, de manera de estigmatizar las protestas como brotes de “irracionalidad” (Beck, 1998a, p. 115).

Pese a ello cabe destacar que los riesgos a que nos referimos tienen características singulares que los diferencian de los riesgos asumidos en otros estadios de evolución, en tanto las consecuencias derivadas de los eventuales daños ocasionados no están ligados a sujetos, lugares o periodos determinados, ya que se pueden proyectar en el tiempo y en el espacio afectando pluralidad de seres vivos.

En la “sociedad del riesgo global” hacen agua las construcciones de seguridad y control que caracterizaron las etapas históricas que la precedieron. La temática del riesgo adquiere un marcado carácter político, en tanto no existe la opción de “externalizar” los riesgos. Los riesgos superan las bases y las categorías con las que hemos pensado y actuado hasta el presente (Beck, 1998b, p. 28).

Hasta avanzado el siglo xx los riesgos se vincularon con representaciones estadísticas y cálculos de probabilidad que posibilitaban hacer frente a accidentes en base a previsiones racionales.

Hoy cabe recurrir a otros parámetros en la medida en que falta el cálculo del riesgo con el que la administración de peligros fundamenta su propia racionalidad y promesa de seguridad. Los megapeligros tecnológicos han abolido al accidente como tal, o sea la base del cálculo del riesgo –a lo menos en el sentido de un accidente limitado en el espacio y en el tiempo– (Beck,

1998a, p. 130). Esto nos debe conducir a un replanteo en torno a la filosofía de la seguridad que manejamos.

La posibilidad de determinar el riesgo en base a cálculos de probabilidad cede su lugar a la presencia de un riesgo indetectable cuya concreción socava las bases de un universo armado sobre el pilar de una seguridad “predecible”. Los riesgos calculables son sustituidos por peligros incontrolables (Beck, U., 2000, p. 9).

Sin excluir los riesgos propios de la sociedad industrial —que naturalmente subsisten—, es preciso afrontar la problemática que adiciona las inseguridades incalculables de la etapa de industrialización tardía.

Hablar de riesgos en este nuevo escenario al que nos traslada la actual etapa histórica importa adoptar una posición axiológica que no se agote en un mero cálculo probabilístico, sino que compromete decisiones políticas colectivas que deben estar orientadas por la ética (Beck, 1998b, p. 35).

La sociedad —a través de los mecanismos de la democracia participativa— debe tener la posibilidad de asumir o de excluir determinados riesgos en tanto los daños que puede importar la concreción de los eventos temidos recaerá sobre ella. Coincidimos sobre este particular con MacLean en cuanto trae al debate el concepto de consenso como principio justificativo de las decisiones centralizadas que impone el riesgo (MacLean, D., 1996, p. 35).

III. La gestión de los riesgos en una sociedad democrática

El avance de la civilización tecnológica nos ha llevado insensiblemente a una mayor difusión y profundización de los riesgos,

a punto de convertirlos en categoría social. Los riesgos así creados afectan a la sociedad en su conjunto, poniendo de manifiesto la crisis que domina su actual estadio de evolución.

Por ello, es natural que los procedimientos de gestión de riesgo se conviertan en un quehacer colectivo. Dado el reconocido carácter social del riesgo, en los debates vinculados con su aceptabilidad, nadie puede considerarse experto o, en su caso, todo el mundo puede reclamar esa función. Cuando hay que realizar el análisis del riesgo teniendo en cuenta su aceptación pública, los conocimientos de expertos en las diversas disciplinas se desvanecen para poner en juego las relaciones sociales en la construcción de la categoría del riesgo (Bestard, J., 1996, p. 15).

Precisamente uno de los principales aportes del principio de precaución —al que apunta este trabajo— es el de la definición colectiva de la aceptabilidad del riesgo que no puede ser determinado por las formas habituales de pericia muy unilaterales y demasiado racionales. Tal definición sólo puede provenir de la gestión colectiva que comprometa a una serie de actores diversificados para construir en interacción una escena de riesgo específico.

Para Lascoune estos espacios de confrontación presentan las características de “fórum híbridos” en tanto receptan conocimientos y acciones heterogéneos respecto a los datos y saberes movilizados, a los actores, a los intereses en juego y a las reglas de organización. La nueva política de tratamiento y aceptación de los riesgos debe reposar sobre la puesta a punto de planes de prevención del riesgo, concebidos territorialmente en instancias pluralistas (Lascoune, P., 1997, p. 138).

Cada forma de organización social está dispuesta a aceptar o a evitar determinados riesgos. Los individuos están dispuestos a aceptar riesgos a partir de la adhesión a una determinada forma de sociedad (Bestard, J., 1996, p. 15). En atención a ello, Douglas considera que en vez de preguntarnos qué riesgo es aceptable la pregunta debería ser qué tipo de sociedad deseamos. Se podría discriminar de forma más elaborada la cuestión del riesgo entre tipos de riesgo y categorías de personas que corren un riesgo si se pudiera especificar el tipo concreto de sociedad y si se pudiera reconocer que cada tipo de sociedad tiene un sistema ético construido a su medida (Douglas, M., 1996, p. 38).

El análisis costo beneficio daría resultados muy diferentes si se aplicara dentro de concepciones éticas distintas. La percepción social de los riesgos afrontados, el análisis de sus fundamentos y los criterios de evaluación de los dispositivos de protección finalmente adoptados deben ser el resultado de transacciones entre datos científicos y técnicos y valores sociales de los actores implicados.

El modelo de participación desarrollado por Ortwin Renn y colaboradores persigue en este campo la integración de tres tipos de conocimiento para situaciones en las que existen múltiples actores implicados con diferentes valores e intereses:

- conocimiento basado en el sentido común y en la experiencia personal;
- conocimiento técnico experto;
- conocimiento derivado de intereses sociales (Ortwin Renn y colaboradores, cit. en López Cerezo, J. A. y Luján, J. L., 2000, p. 181).

A la par cabe advertir la necesidad de conciliar intereses muchas veces encontrados ya que el mito de la seguridad absoluta

ha cedido el paso a razonamientos pragmáticos en términos de aceptabilidad siempre localizados.

La cuestión de los niveles aceptables de riesgo forma parte de un esquema más amplio relativo a los niveles aceptables de vida, niveles aceptables de moralidad y de decencia. De allí que no cuadre transpolar niveles de riesgos aceptados en otras sociedades sin someterlos a un debate adecuado en el medio en que se pretende aplicarlos (Douglas, M., 1996, p. 127).

Los diversos sectores sociales manejan intereses y valores muchas veces distintos o encontrados, correspondiendo a los poderes políticos decidir en base a valores aceptados el nivel de riesgo al cual se quiere someter a la sociedad, equilibrando las naturales tensiones y evitando el predominio de un sector sobre otro.

Es obvio que toda tarea humana implica la asunción de riesgos y que el riesgo cero es una utopía. Pero ello no puede condicionar, sin más, una aceptación pasiva de riesgos por parte de la sociedad, sin haber sido consultada.

Qué riesgos deben asumirse y qué riesgos deben evitarse es un tema de implicancias políticas que debe ser resuelto democráticamente en base al consenso social. El aporte de los no-especialistas ha de tener a lo largo del proceso un valor sustantivo en cuanto a conocimiento valioso para resolver el problema original.

El dilema al que se enfrenta la sociedad contemporánea en esta materia es incisivamente puesto de manifiesto por Beck en estos términos: “Si no estamos en condiciones de prever con certeza las consecuencias de una investigación o de una actividad industrial y su producción —como suele ser el caso en las áreas de la

ingeniería genética y de la genética humana— y si, además ni el optimismo de los protagonistas ni el pesimismo de sus detractores se apoyan en conocimientos ciertos, debemos dar luz verde o luz roja al desarrollo técnico industrial y su uso masivo? ¿La imposibilidad de saber, es una licencia para actuar o por el contrario, una base para retrasar la actuación, para establecer moratorias y eventualmente, para optar por no actuar?” (Beck, U., 2000, p. 11).

La decisión, tal como lo enseña Ewald, pertenece siempre al político, sin que éste pueda cubrirse con el saber de un experto; ello surge más de la ética del respeto de ciertos procedimientos que de una moral ligada a la aplicación de un marco preexistente. Esto no quiere decir que la experiencia científica sea inútil, sino que ella no liberará al político de la soberanía de su decisión (Ewald, F., 1997, p. 99).

IV. La elaboración del principio de precaución

Efectuadas estas breves precisiones sobre el riesgo y la gestión social del mismo, pasamos derechamente al tema central que nos ocupa: la aplicación del principio de precaución en el campo de los transgénicos.

El principio de precaución se formuló inicialmente en Alemania en los años 70 para asegurar el resarcimiento al menoscabo de la vida humana originado por efectos nocivos de productos químicos respecto de los cuales la dañosidad no es visualizable sino después de transcurrido un periodo de 20 ó 30 años (Lascoune, P., 1997, p. 129). Se

lo vinculó en su origen a la noción de “riesgos mayores”; concepto surgido en Francia a fines de los 70, originado en los trabajos de Karl Jasper sobre riesgos tecnológicos susceptibles de tener efectos en el espacio y en el tiempo sin común relación con los accidentes clásicos y de afectar en forma duradera, incluso de forma irreversible, diferentes patrimonios, condicionantes de la supervivencia de la humanidad (Gilbert, C., 1997, p. 313).

Se extendió progresivamente al derecho internacional y a los derechos nacionales en cuanto a los efectos a largo plazo de productos químicos, desechos industriales, productos sanitarios, productos derivados de la ingeniería genética, etcétera.

El principio se inscribe en una nueva modalidad de relaciones del saber y del poder. La edad de la precaución —se ha señalado— es una edad en la que se reformula la exigencia cartesiana de la necesidad de una duda metódica. La aplicación del principio a diversas situaciones de riesgo es uno de los signos de las transformaciones filosóficas y sociológicas que caracterizaron el final del siglo xx (Lascoune, P., 1997, p. 131). Para Yves Goffi marca un momento nuevo en la filosofía de la técnica que revela una percepción nueva de la incertidumbre en el accionar humano (Goffi, Y., 2000, p. 203).

La aplicación del principio demanda un ejercicio activo de la duda. La lógica de la precaución no mira al riesgo (que releva de la prevención), sino que se amplía a la incertidumbre, es decir, aquello que se puede temer sin poder ser evaluado. La incertidumbre en este contexto no exonera de la responsabilidad; al contrario, ella la refuerza al crear un deber de prudencia (Lascoune, P., 1997, p. 131).

Para Gilles Martín la obligación de precaución nace cuando aparece lo que se caracteriza como una duda legítima, la que se da –a su criterio– al menos en dos hipótesis.

La primera de ellas cuando los hechos objetivos, es decir científicamente establecidos según los procesos habituales de la ciencia, hacen nacer preguntas que no reciben respuestas, más que bajo la hipótesis de riesgos.

A este tipo de dudas agrega otro: cuando los hechos sociales mensurables (*v.gr.* por encuestas de opinión) revelan la existencia de una percepción real del riesgo que –a su juicio– constituye un fenómeno en sí mismo objetivo, que no se puede despreciar so pena de afrontar graves consecuencias (Martín, G., 2001, p. 593).

El nacimiento del principio es indisociable de los cambios ocurridos en la comprensión de los sistemas de decisión. En la percepción del riesgo, los modelos lineales de análisis y de decisiones fundadas más o menos exclusivamente sobre la racionalidad mecánica (vínculos directos entre causa y efecto) son hoy puestos en tela de juicio (Lascoune, P., 1997, p. 134).

Durante las tres últimas décadas, la relación entre las matemáticas y las leyes naturales ha alcanzado una complejidad que modifica nuestra forma de interpretar el riesgo. Aunque las leyes continúen formulándose mediante el lenguaje matemático, ya no se puede concluir que el porvenir es predecible.

Los conceptos de teoría del caos y de ciencia de los fenómenos no lineales están muy de moda, pero –lo observa Erik Fendstadt– contrariamente a otros no son efímeros. El paso al concepto no lineal supone una auténtica metamorfosis de la modeliza-

ción de los fenómenos naturales que, como Lorenz ya lo anunció, en 1963 nos privará de toda garantía en las predicciones a largo plazo (Fendstadt, J. E., 1998, p. 23).

Todo esto nos indica que nos enfrentamos a procesos naturales no lineales cuya dinámica aún no conocemos suficientemente, por lo que la intervención del hombre podría acarrear consecuencias irreversibles.

La naturaleza –enseña Fendstadt– nunca podrá considerarse como un sistema mecánico del que llegaremos un día a ser dueños y señores gracias a nuestro ingenio y a una multiplicidad de medidas técnicas, como en los tiempos de los métodos industriales clásicos capaces de reparar los desperfectos ocasionados (Fendstadt, J. E., 1998, p. 23). Esta visión nos debe llevar a otro terreno en cuanto a la percepción de los riesgos, terreno dominado por el principio de precaución.

En el orden internacional, el principio precautorio o de precaución fue mencionado por primera vez en la declaración ministerial de la XII Conferencia internacional sobre protección del Mar del Norte en 1987.

En esa oportunidad se dijo que “una aproximación a la precaución se impone a fin de proteger el Mar del Norte de los efectos eventualmente dañosos de sustancias muy peligrosas. Ella puede requerir la adopción de medidas de control de emisiones de sustancias antes que se establezca un vínculo de causa-efecto en el plano científico”.

Aquí podemos observar una primera aproximación a uno de los pilares fundamentales en los que se asienta el principio: la necesidad de actuación aun ante la falta de evidencia científica sobre la producción del daño. El científico noruego Terje Traavik,

lo grafica utilizando un juego de palabras: “ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia de riesgo”.

En la Declaración de Río en junio de 1992 sobre medio ambiente y desarrollo se señaló que: “en caso de daños graves e irreversibles la ausencia de una certidumbre científica absoluta no puede servir de pretexto para demorar la adopción de medidas efectivas tendientes a prevenir la degradación del medio ambiente” (principio 15).

El principio ha sido reiteradamente invocado en acuerdos internacionales, en legislaciones internas y en decisiones judiciales, en algunos casos con variables que tienden a restringir su aplicación y sus efectos.

Así, en la Convención de París para la protección del medio marino para el Atlántico del Noreste (set. 1992) se agregó “la existencia de motivos razonables de equidad”, y en la ley francesa 95-101 de protección del medio ambiente (Ley Barnier) se precisaron dos requisitos:

- a) con relación a las medidas a adoptar se agregó que “sean efectivas y proporcionadas”;
- b) con relación al costo se agregó “a un costo económicamente aceptable”.

Es claro que la exigencia de estos presupuestos impone una limitación considerable a la eficacia del principio en su aplicación práctica. El costo económico que supone la aplicación del principio no puede oponerse a bienes colectivos de la entidad y relevancia de los que justifican su puesta en práctica. La relación costo-beneficio no puede invocarse cuando se encuentran en juego la salud pública, el medio ambiente; o extendiendo el análisis, el destino de las generaciones futuras.

En el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad se habla del “enfoque de precaución” –accediendo a planteos políticos tendientes a evitar el empleo del término– mas el artículo 10.6 lo acoge claramente en su formulación.

El Tratado de Maastricht, constitutivo de la Unión Europea, explícitamente establece que la política de la Comunidad se basará en los principios de precaución y acción preventiva (artículo 130.2).

El principio ha llegado a constituirse así en un instrumento fundamental para someter a un cauce de racionalidad la aplicación de nuevas tecnologías y para posibilitar que el Estado, como ordenador de los diversos sectores sociales que lo integran, pueda cumplir en mejor forma uno de sus objetivos básicos: el resguardo de la seguridad colectiva.

La referencia a la precaución conduce a reforzar los intereses sociales colectivos tales como el medio ambiente o la salud pública, de forma tal que permita balancear la presión de intereses económicos –costos de investigación, libre circulación de mercadería, libre juego de la concurrencia– (Lascoue, P., 1997, p. 137).

La interpretación que hoy puede darse al estándar “interés general”, que toma en consideración el principio, está en constante evolución. La precaución extiende sus efectos permitiendo en su nombre denegar una autorización o imponer prescripciones adicionales a la difusión de nuevos productos, procedimientos, o a la implementación de un proyecto en razón del grado de incertidumbre del cual sean portadores.

Como estándar nuevo que pertenece a la categoría cognoscitiva y normativa a la vez, se inscribe en una línea de cambios ligada por una parte a la aproximación de los riesgos individuales y colectivos y –por

otra parte— a las transformaciones de las prácticas sociales en materia de difusión y respuesta a la aceptabilidad del riesgo (Lascoune, P., 1997, p. 132).

En la Declaración de Wenigspread (enero de 1998) se enfatizó que “cuando una actividad se plantea como una amenaza para la salud humana o el medio ambiente deben tomarse medidas precautorias aun cuando algunas relaciones de causa-efecto no se hayan establecido de manera científica en su totalidad” (Riechmann, J. y Tickner [coord.], 2002, p. 40).

Posteriormente en la Declaración de Lowell sobre ciencia y principio de precaución se destacó “que la aplicación efectiva del principio de precaución requiere una investigación científica interdisciplinaria, así como de la experimentación de las incertidumbres envueltas en dicha investigación y sus hallazgos. La toma de decisiones en forma precautoria es consistente con la “buena ciencia” debido a las grandes lagunas de la incertidumbre e incluso ignorancia que persisten en nuestra comprensión de los sistemas biológicos complejos, de la interconexión entre los organismos y del potencial de impactos interactivos y acumulativos de peligros múltiples. (Riechmann y Tickner [coord.], 2002, p. 125).

Para poder captar en toda su riqueza la función que asume el principio en el estadio actual de evolución de la ciencia y de la técnica y la novedad que porta, es importante diferenciarlo de otros afines: la previsión y la prevención (Ewald, F., 1997, p. 121).

La previsión es contemporánea a una ignorancia de áleas de la existencia, mientras que la prevención es una conducta racional frente a un mal que la ciencia puede objetivar y medir; que se mueve dentro de las certidumbres de la ciencia.

La precaución—por el contrario—enfrenta a otra naturaleza de la incertidumbre: la incertidumbre de los saberes científicos en sí mismos.

De esta comparación surge una diferencia que deviene en medular en el debate social de nuestros días: mientras la prevención es un asunto de expertos confiado a sus saberes, la precaución es un asunto que compete a la sociedad en su conjunto y debe ser gestionado en su seno para orientar la toma de decisiones políticas sobre asuntos de relevancia fundamental.

Determinar si tal o cual procedimiento, producto o tecnología debe ser admitido en una sociedad dada constituye un tema político de primer orden, en cuya decisión los expertos podrán opinar de la misma forma en que pueden hacerlo diversos sectores sociales. Ellos no deciden, ni siquiera pueden pretender exigir un rol protagónico fundamental. La decisión —reiteramos— es una decisión política. (Lepegue, C. et Guerry, F., 2001, p. 187).

En su dinámica de actuación, la precaución apunta a la toma de decisiones que se orientan en dos direcciones: negativas (mandato de prohibición, moratorias, etc.) o positivas (intensificación de las investigaciones emprendidas, realización de nuevas investigaciones o búsquedas ampliadas a otros campos del saber). El principio no admite —como algunos autores pretenden— ser vinculado con el bloqueo del progreso. Por el contrario, constituye una puesta en acción de la idea moderna del progreso. El progreso —lo señala Bourg— es inseparable del dominio de los fenómenos: forzoso es constatar que nuestras técnicas no pasan de engendrar efectos imprevisibles (Goffi, J. Y., 2000, p. 207).

Si atendiendo a las críticas formuladas apuntamos a exigir una mayor evidencia del riesgo temido, corremos el albur de privar al principio de su núcleo central. Con toda razón Beck se pregunta: ¿qué se considera “prueba suficiente”? ¿Cómo se definiría en un mundo en el cual todo saber en torno a los peligros y riesgos se rige necesariamente por los parámetros de las teorías de las probabilidades, además de originarse en la imposibilidad de saber? (Beck, 2000, p. 16).

Para sus críticos, el principio de precaución se limita a una moratoria indeterminada en el tiempo o a la interdicción de realizar un proyecto o lanzar al mercado un producto. Desde esta órbita, se puede vincular precaución con inacción y dar fuerza argumental a quienes sostienen que la aplicación del principio es contraria a la idea de progreso, en tanto limita o trava la investigación científica.

Siguiendo a Bourg y Schlegel, podemos marcar cuatro errores –las más de las veces intencionales– que se cometen en torno al principio precautorio, para eludir su aplicación:

- a) la precaución exige la inversión de la carga de la prueba. Ello no surge de su enunciado ni de sus fines; por el contrario, la precaución exige que se continúe con las investigaciones y que se puedan revisar decisiones anteriores en base a nuevos conocimientos.
- b) La precaución equivale a una exigencia de riesgo cero. Esto tampoco surge de los postulados básicos del principio ni podría ser racionalmente sostenido.
- c) La precaución no implica más que la prevención. Aquí cabe reiterar que existe prevención cuando el riesgo

es conocido y precaución cuando el riesgo es mal conocido o incierto; es decir, estamos ante conceptos suficientemente diferenciados.

- d) La precaución llama a la abstención. El principio –por el contrario– no llama a la inacción, sino a la acción en defecto de un conocimiento imperfecto de la amenaza o de los mecanismos aplicables (Bourg, D. y Schlegel, J. L., 2000, p. 157).

La idea de inacción –lo observa Hermitte– pertenece a la cultura tradicional del riesgo que trata de asimilar los riesgos a la acción vinculada al funcionamiento normal de la actividad económica, lo cual conduce a paralizar la producción hasta tanto se pruebe la peligrosidad de un producto o proceso (Hermitte, M. A. y Noiville, C., 1993, pp. 391 y ss.).

Desde luego que esta idea no se compadece con los criterios que inspiran el principio de precaución cuyo núcleo central considera que no es necesario disponer de un conjunto de pruebas científicas para tomar las medidas necesarias y conducentes para evitar o reducir los efectos de un riesgo sospechado.

La acción en esta nueva línea de pensamiento consiste en tomar las medidas de gestión de la incertidumbre, y en este sentido, bien se puede utilizar el término inacción –parálisis de la acción– para designar el comportamiento empresarial y gubernamental que observa la continuidad de acciones sospechadas de peligrosidad sin arbitrar las medidas conducentes a evitar el daño (Hermitte, M. A. y Noiville, C., 1993, pp. 391 y ss.). Tal como lo señala Luchman, en el mundo moderno el no decidir es también una decisión (Luhmann, N., 1996)

Hermitte considera que la definición misma de la precaución implica, para ubicarnos en un pensamiento homogéneo, la necesidad de adaptar el vocabulario a la nueva cultura en la cual precaución importe una moral de la acción que permita tomar decisiones muy evolucionadas hacia el futuro, a medida que se enriquecen los conocimientos sobre la situación dada (Hermitte, M.A., 1997, p. 179).

En un documento reciente de la Comisión Europea se plantean las líneas directrices para recurrir al principio.

En primer lugar se destaca que la puesta en funcionamiento de una aproximación al principio de precaución debería comenzar por una evaluación científica que fuese lo más completa posible; y cuando se pueda, determinar en cada etapa el grado de incertidumbre científica. Los responsables al momento de decidir si es conveniente una acción fundada sobre el principio deberían considerar una evaluación de las consecuencias potenciales de la ausencia de acción y de las incertidumbres de la evolución científica.

Señala el documento como principios generales aplicables:

- a) la proporcionalidad;
- b) la no-discriminación;
- c) la coherencia;
- d) el examen de las ventajas y de los inconvenientes resultantes de la acción o de la ausencia de acción;
- e) el examen de la evolución científica.

Es importante destacar lo que recomiendan en orden a la evolución científica para poder refutar los argumentos de quienes pretenden vincular precaución con bloqueo del progreso científico: “las medidas deben

mantenerse mientras que los datos científicos siguen siendo insuficientes, imprecisos o no concluyentes, en tanto que el riesgo sea representado como suficientemente elevado por no aceptarse que la sociedad lo apoye. Como consecuencia de nuevos datos científicos puede ser que las medidas sean modificadas, incluso suprimidas, frente a un atraso preciso. Sin embargo, esto no está vinculado a un factor tiempo sino a la evolución de los conocimientos científicos” (Comisión Europea, 2000).

Se ha criticado el principio al que se lo describe como un “coul-de-sac” político e intelectual. Las decisiones basadas en el mismo no serían legalmente sustentables dada su ambigüedad y arbitrariedad que son inconsistentes con los objetivos regulatorios de consistencia, predictibilidad y transparencia (Marchant, G. E., 2002, p. 34).

Estimo que esta crítica es infundada en tanto parte de una concepción ya superada de los riesgos no aplicable a las situaciones creadas por las tecnologías disponibles hoy. Insistir sobre la necesidad de certeza, predicción y fundamentación científica implica tanto como sustentar una postura contraria a los fines perseguidos por el principio que distan de ser ambiguos o arbitrarios.

Por el contrario, el principio –como lo destaca el Informe Kourilsky– conduce a poner en funcionamiento procedimientos de pericia, de definición y de gestión que permiten adaptarse mejor a los peligros de gobernarlas, en tanto que puede evitar su producción. Él incita igualmente a desarrollar la información del público sobre los riesgos y a favorecer la asociación de ciudadanos para su gestión. Así concebido aparece como el motor de una política orientada hacia una mayor seguridad, es decir *a priori* como fruto de progreso (Kourilsky-Viney, 2000, p. 212).

V. Los elementos integrantes del principio

Pese a tratarse de un principio novedoso cuya elaboración continúa, que se va enriqueciendo con reflexiones y aportes provenientes de diversas disciplinas, podemos hoy marcar ciertos componentes ya consolidados en su estructura. Tales componentes son:

- a) Temor de un daño potencial a la salud o al medio ambiente derivado de una acción o inacción humana; daño cuyo efecto se considera irreparable e irreversible.
- b) Incertidumbre científica acerca del acaecimiento del daño o de la relación de causalidad entre la conducta observada y el daño.
- c) Necesidad del ejercicio de una acción anticipatoria del daño temido.

En el caso del cultivo de variedades transgénicas un tema central a considerar es el exponencial progreso de la siembra desde mediados de la década del 90 al presente, que amenaza con una profunda transformación de la agricultura.

Este proceso ha tenido lugar sin un debate claro en el seno de la sociedad, lo que contribuyó a incrementar el campo de las incertidumbres, máxime si se toma en consideración que quienes se encontrarían en condiciones de brindar un nivel adecuado de información, consideran en muchos casos a esta “información confidencial de negocios” no susceptible de ser develada.

Pasamos a desarrollar los elementos centrales arriba indicados, con especial referencia al tema de la transgénesis vegetal:

A) Daño: el daño no conocido pero temido es naturalmente un daño potencial.

La incorporación de información genética extraña a una variedad vegetal por técnicas de ADN recombinante, puede importar daños de diverso orden afectando plantas, animales o seres humanos, o —lo que es más serio— obrando sobre los ecosistemas al alterar las interacciones de otros organismos vivos con el medio ambiente.

Estos eventuales daños no pueden ser aislados en su análisis y efecto en tanto que los sistemas biológicos y ecológicos están interrelacionados y son interdependientes (Barret, K. y Raffenerger, 2002, p. 4).

Los efectos dañosos pueden manifestarse a mediano o largo plazo y pueden o no ser persistentes. La corta experiencia en los cultivos transgénicos hace que la constatación de efectos dañosos a mediano y largo plazo sea nula, lo que obviamente debe movernos a ser cautelosos en cuanto a su apreciación y valoración.

No cualquier amenaza de daño puede importar la aplicación sin más del principio precautorio, lo que podría llevar a desnaturalizarlo. Cuanto mayor sea la superficie sembrada mayor será el riesgo creado por los cultivos transgénicos en cuanto a la posibilidad de que haya un mayor flujo del transgen, que se invadan otros cultivos o que —en el supuesto de advertirse a mediano o largo plazo un factor desestabilizante del ecosistema— se generen consecuencias irreversibles.

Otro tema a considerar y —aquí entramos en un terreno delicado—, es el relativo a la determinación de los estándares con que se mide el impacto del daño. Así podremos buscar un punto de referencia en otros cultivos comunes en la práctica agrícola utilizada en la mayor parte de los sembradíos

o podremos, por ejemplo, analizar el daño potencial comparándolo con otros cultivos orgánicos.

En esta dirección cabe señalar que Austria evalúa el impacto potencial de cultivos transgénicos contra estándares de agricultura orgánica; y Dinamarca contra estándares vinculados a objetivos de largo plazo del desarrollo sustentable (Barret, K. y C. Raffenger, 2000, p. 4).

B) Incertidumbre: tal como señalábamos, otro elemento relevante en la construcción del principio precautorio es el relativo a la duda, a la incertidumbre que no puede ser disipada en base a los conocimientos científicos existentes al momento del análisis.

El centro de la duda es, precisamente, el conocimiento científico acerca de las consecuencias dañosas de una acción o de una omisión.

La incertidumbre admite ser analizada diferenciando varias clases y fuentes (Barret, K. y C. Raffenger, 2000, p. 4).

En primer término tenemos la incertidumbre de la técnica que deriva de los datos incompletos, resultados ambiguos o variabilidad del sistema de expertos utilizados. Con reiterar el ensayo sería posible salir de esta incertidumbre.

Junto a la incertidumbre técnica cabe considerar la incertidumbre metodológica que apunta a la falta de confiabilidad de ciertos modelos para representar en forma precisa el sistema en estudio, y también la incertidumbre epistemológica derivada de la confluencia de sistemas biológicos, ecológicos, junto a la inevitable brecha entre las condiciones cerradas de la investigación experimental y de las circunstancias contingentes en que los resultados de la investigación científica son aplicados.

Aquí debemos apartarnos de criterios usualmente utilizados en otros campos, ya que el medio ambiente o la salud pública han sido privilegiados al ser tratados como bienes comunes y valiosos. Emplear estándares estrictos de evidencia, se ha sostenido, puede favorecer los intereses comerciales por sobre la protección de la salud y del medio ambiente.

En materia de cultivos transgénicos las líneas de evidencia que deben ser consideradas para la toma de decisiones políticas, incluyen:

- múltiples disciplinas de investigación interdisciplinaria (ecología, biología evolutiva, sociología, etc.).
- múltiples fuentes de pericia: conocimiento local de los agricultores y conocimiento tradicional y ecológico de los pueblos indígenas.
- múltiples fuentes de información y vías de acceso (Barret, K. y C. Raffenger, 2000, p. 4).

La hipótesis de precaución conduce a tomar en cuenta opciones reconocidas como marginales en el seno de un paradigma científico (Hermitte, M.A., cit. en Ewald, F., 1997, p. 116 y Goffi, J. Y., 2000, p. 207).

C) Necesidad del ejercicio de una acción anticipatoria del daño

Aquí radica lo novedoso de este principio que se ajusta sin dudas a la realidad creada por los espectaculares avances de la revolución científico-técnica.

Actuar con cautela para evitar la producción de un daño es un principio que dicta el sentido común. Conozco la dimensión del riesgo y actúo en consecuencia.

Aquí, en una esfera de incertidumbre científica sobre la producción del daño, debo actuar para anticiparme al mismo.

Dentro de ciertos parámetros racionales me veo constreñido en la necesidad de evitar un daño que aún no sé si se va a producir y en su caso en qué momento y con qué dimensión. La naturaleza de los bienes en juego impone esta conducta anticipatoria.

Uno de los aspectos centrales que juega aquí es el factor tiempo: la incertidumbre de la precaución –conforme lo entiende Ewald– reside en gran parte en la demora entre la causa y la manifestación del efecto dañoso; el retraso entre uno y otro puede ser considerable. La hipótesis de precaución va con la toma de conciencia de la dilación en el tiempo, con un nuevo “tomar en cuenta” de la duración en la causalidad de las acciones humanas; situación desconocida en la hipótesis del accidente caracterizado por la coincidencia o la proximidad de la causa y el efecto (Ewald, F., 1997, p. 115).

El principio de precaución admite ser enfocado desde una triple órbita: la jurídica, la política y la ética.

Desde la órbita del derecho debe ser reconocido como un principio jurídico, pese a que algunos autores niegan tal carácter en tanto no provee un estándar legal para la toma de decisiones (Marchant, G. E., 2000, p. 34). En el caso de la importación de carne con hormonas la Unión Europea fundó la medida que denegaba el ingreso a su territorio en que el principio de precaución se había convertido en una norma general del derecho internacional.

Entendemos que constituye un principio jurídico en tanto que –según Lawrence Boy– organiza el diálogo entre derecho y ciencia. Pero más allá de esto debemos tener en claro que el principio no contiene una solución; él no es portador de lo que los ju-

ristas llaman “una regla sustancial”. Expresa una manera de hacer, de procedimientos que deberían acompañar a todas las decisiones tanto públicas como privadas, para obligar a pensar en los riesgos inciertos (Boy, L., 2000, p. 84).

Para Godard se trataría simplemente de un “estándar jurídico”, es decir, de una norma que necesita ser completada por informaciones ajenas al derecho para producir efectos jurídicos.

Esta última circunstancia no puede constituir un óbice para negarle el carácter de principio jurídico.

Volviendo a Lawrence Boy, el sistema jurídico se caracteriza por su apertura cognitiva y su cerramiento normativo. Es decir que aunque la norma jurídica debe su validez a su conformidad con otra norma jurídica –cerramiento normativo– se construye en base a ciertos hechos, y para esta construcción recurre a elementos de otros sistemas, ya sea la moral, la economía, las llamadas ciencias duras –apertura cognitiva–.

Desde este enfoque no se le puede negar el carácter jurídico al principio precautorio (Boy, L., 2000, p. 84); (Méndez Chang, E., 1986, p. 78).

El principio, si bien es jurídico tomando en cuenta las fuentes de las que se nutre, es paralelamente político, ya que se coloca a la cabeza de las decisiones que corresponden tomar al Estado en temas tan gravitantes en los que están en juego valores relevantes como la seguridad, la salud de la población o la protección del medio ambiente.

Si se quiere preservar la pertinencia y protección de tal principio –que permite a un Estado prohibir la producción o difusión de algún producto– conviene continuar entendiéndolo como un principio de política pública y una regla de derecho destinada a

gerenciar las situaciones de incertidumbre y no como un principio general aplicable a todas las decisiones científicas y técnicas (Bourg, D., 2000, p. 227, en Zaccai, E. y Missa, J. N.: *Le principe de précaution: significations et conséquences*, Edit. Université de Bruxelles, Bruxelles, 2000).

Por último, cabe señalar su perfil ético. Desde este ángulo de mira el principio puede inscribirse en la ética de la responsabilidad preconizada por Hans Jonas, en tanto considera los efectos de las acciones de los hombres de hoy sobre las generaciones futuras (Jonas, H., 1993, pp. 198 y ss.). En esta línea Boutonnet y Guegan nos hablan de la rehabilitación de la responsabilidad moral que es entendida de forma más amplia que la responsabilidad jurídica, ya que mientras la responsabilidad jurídica se traduce bajo la forma de derechos, la responsabilidad moral se formula en deberes.

De todas formas lo que debe quedar en claro es que la aplicación del principio precautorio importa entre otras cosas un proceso de aprendizaje, lo que descarta concebirlo como regla rígida. Lo más importante—lo destacan Tickner y colaboradores— es mantener la flexibilidad porque a cada decisión corresponde su propia información científica, incertidumbres, comunidades afectadas y alternativas (Tickner, Raffenperger y Myers, en: Riechmann y Tickner [coord.], 2002, p. 142).

VI. La ingeniería genética como actividad riesgosa

Las tecnologías de la vida, utilizando seres vivos o productos derivados en los procesos industriales, fueron conocidas ya en culturas muy antiguas. En tiempos recientes se

las utilizó en la fabricación de antibióticos, procesos de fermentación, etc., hasta llegar a las “modernas biotecnologías” que tanta influencia tienen en el mundo actual. Dentro de estas tecnologías, se encuentran las que utilizan técnicas de ADN recombinante (ingeniería genética).

La novedad más importante aportada por la nueva mejora de plantas basada en la transgénesis, es que se pueden transferir rasgos interesantes concretos desde prácticamente cualquier otro ser vivo, salvando las barreras evolutivas, poniendo a disposición de los mejoradores un catálogo virtualmente infinito de genes (Iañez Pareja, 2002, p. 273).

Destacan López Cerezo y Luján que las tecnologías modernas no son como las técnicas artesanales del pasado: constituyen sistemas complejos en el sentido de Terrow, en los que además participan activamente una diversidad de actores; son con frecuencia de carácter abierto (no hay certidumbre acerca de las probabilidades de aprovechamiento o daño) y tienen consecuencias imprevisibles (López Cerezo, J. A. y Luján, J. L., 2000, p. 136).

La reunión de un arsenal de técnicas vinculadas con biología molecular, bioquímica y genética posibilitó acceder a los secretos últimos de la vida y poder actuar sobre el genoma de los seres vivos introduciendo material genético perteneciente a otras variedades, especies o reinos, y de esta forma modificar o alterar sus características para conformar un ser “transgénico”. Al permitir la manipulación de material genético, la ciencia amplió la capacidad de intervención del hombre en los procesos biológicos, moldeando el ser vivo para crear productos en su interés.

Poder orientar un microorganismo al servicio de la producción industrial o poder obtener una semilla que incorpore una cualidad determinada con la posibilidad de poder reproducirse *ad infinitum* coloca al hombre en una posición privilegiada en el cosmos que nos permite actuar como dioses o semidioses, afirmar el dominio de lo humano sobre la biosfera y someter a las variedades y especies que pueblan el universo a nuestros designios, modificando o alterando lo que viene dado por la naturaleza.

Mientras estas experiencias ocurren en los laboratorios, el tema tiene connotaciones estrechas que se limitan a tomar las medidas de seguridad aptas para evitar la diseminación de los organismos genéticamente modificados en el ambiente, o la salud de los investigadores y trabajadores pertenecientes a sus plantas.

Esto fue tempranamente advertido por los científicos en los orígenes de la ingeniería genética. A partir de los años 80 la institucionalización de los organismos regulatorios nacionales para evaluar las técnicas y los procedimientos ligados a la recombinación de ADN intentó enfrentar el tema. Las técnicas de recombinación de ADN —se ha señalado— constituyen un ejemplo de aplicación tácita, pero precoz, del principio precautorio (Missa, J. N. en: Zaccai et Missa, J. N., cit., 2002, p. 177).

Es del caso recordar que vivimos una época en la cual el curso de la historia se acelera constantemente y lo que hoy se logra en el laboratorio aparece mañana en el mercado con una fuerza expansiva irresistible, convirtiendo al universo en un gran campo de experimentación.

La ingeniería genética importó un relevante avance en el campo de las tecnociencias y paralelamente dio nacimiento a una

formidable revolución industrial. Sin entender estas dos vertientes es difícil formular un juicio acerca de los riesgos que implica su aplicación masiva a la agricultura.

En tanto que la genética mendeliana permitió a los agricultores realizar ciertas transformaciones genéticas en algunos cultivos, la genética molecular proporciona la clave no sólo de la manipulación de la estructura interna de las plantas sino de su “manufactura” de acuerdo a un plan. De hecho, la “manufactura” de las plantas ha llevado a la agricultura al límite de su transformación más profunda (De Souza Silva, J., 1996, p. 120).

Refiriéndose al impacto de la ingeniería genética en la agricultura, Seralini piensa que vivimos una ruptura tecnológica en oposición a una lógica continuada de desarrollo que podría ser comparada al desarrollo fabuloso de internet a nivel de las comunicaciones (Seralini, G. E., 1998, p. 28), y Le Deaut, en el informe sobre la utilización de organismos genéticamente modificados en agricultura y alimentación, expresa —a su vez— que si sus interlocutores son enfrentados a saber si el conocimiento de las plantas transgénicas constituye una revolución o sólo una innovación suplementaria en el camino multimilenario de mejoramiento de las plantas, no tendría duda alguna en señalar que la agricultura se expone a ser profundamente modificada (Le Deaut, M. J., 1998).

La biotecnología, con el aporte de la biología molecular, es una de las tecnologías cuyo potencial revolucionario resulta indiscutible a esta altura de los tiempos. La ingeniería genética implicó un salto cualitativo frente al desarrollo anterior que paralelamente lo modifica cuantitativamente tanto en sus técnicas como en la amplitud y extensión de sus aplicaciones.

Es que la posibilidad de manipular la información genética de los seres vivos, de poder superar las barreras que separan las especies y de poder introducir funcionalmente genes extraños en un genoma importa un salto tecnológico de una magnitud tal vez insospechada. De igual forma, la utilización de microorganismos como verdaderos laboratorios al servicio de la producción de bienes, elaboración de medicamentos y vacunas en base a material genético implica una modificación revolucionaria de los modos de producción.

Desde otro ángulo de mira, la invención de una nueva cultura de la domesticación de las especies animales y vegetales ha permitido vincular los objetivos agrícolas clásicos con objetivos industriales, lo que da lugar a profundas transformaciones económicas (Hermitte, M. A., y Noiville, C., 1993, pp. 391 y ss.). No puede quedar fuera de este análisis el hecho de que exista una industria de semillas a nivel multinacional cuyo peso en los mercados y en las esferas de decisiones políticas es indiscutible, a punto tal que ya se habla de una industria de las ciencias de la vida que vincula la industria químico-farmacéutica con los agronegocios.

Es sabido que todo nuevo modo de producción trae consigo cambios sociales portadores de nuevos riesgos (Hermitte, M. A., y Noiville, C., 1993, pp. 391 y ss.). No asimiladas suficientemente aún las reacciones y temores generados por la irrupción de la ingeniería genética en la agricultura, nos enfrentamos con un formidable desarrollo de la industria de transgénicos que apunta decididamente a una reconversión global de la agricultura. En este campo, día a día aparecen nuevas variedades de transgénicos que pujan por ingresar al mercado.

El nivel de riesgos acoplado a estas tecnologías se acrecienta al ritmo de su difusión masiva. En mayo de 1994 fue introducido en el mercado el primer producto derivado de un organismo transgénico, y desde entonces al presente las liberaciones al medio ambiente de plantas transgénicas sobrepasan las 4,500 en 34 países y para 56 tipos de cultivo. Al año 2000 se habían plantado alrededor de 45 millones de hectáreas en el mundo con semillas transgénicas (Torres, L., 2002, p. 113).

Antes de que el hombre pueda tener una idea clara de los mecanismos biológicos comprometidos en cada experiencia, que pueda penetrar con más seguridad en la ecología de los genes, que pueda tener un cuadro de los cambios que importa en los ecosistemas; es decir, antes de que sobre bases racionales puedan visualizarse sus efectos a mediano y largo plazo, estas tecnologías se expanden en forma notable.

En base a estudios que en función de las limitaciones temporales impuestas sólo pueden ilustrarnos acerca de los efectos inmediatos de esas tecnologías, se va acentuando a pasos agigantados el proceso de reemplazo de agricultura tradicional basada en semillas no modificadas genéticamente.

Así, los genes no sólo responden a su función primigenia de almacenar la información necesaria para conducir los procesos vitales sino que —paralelamente— se han convertido en materia prima de una gran industria que asienta su poderío en la recombinación. Advuértase que hoy ha entrado en lenguaje común la expresión “recursos genéticos”, expresión que en forma inequívoca apunta a la función económica que se les asigna.

Tras la manipulación de genes para incorporar o modificar una determinada cualidad o función en un organismo, se perfila

uno de los temores más intensos del ser humano en la época que nos toca transitar. Es que en biología las cosas no suceden conforme a un curso lineal. El tema no es tan simple y su complejidad asoma no bien nos introducimos en él.

F. Capra, refiriéndose a los mecanismos de organización de los seres vivos, formula estas reflexiones, que las consideramos muy atinadas con relación al tema que nos ocupa: “Patear una piedra o darle una patada a un perro son dos cosas muy distintas, como buscaba señalar G. Bateson. La piedra reacciona a la patada de acuerdo a una cadena lineal de causa-efecto. Este comportamiento podría calcularse aplicando las leyes básicas de la mecánica newtoniana. El perro responderá con cambios estructurales según su propio patrón (no lineal) de organización. El comportamiento resultante será generalmente impredecible” (Capra, F., 1996, p. 230).

¿Qué decir cuando nos trasladamos dentro del campo de la biología a un mundo tan complejo y tan lleno de misterios indescifrados, cual es el mundo de los genes?

Esta complejidad en el devenir de las funciones esenciales no sólo genera inquietudes sino que indiscutiblemente justifica recurrir al principio de precaución cuando se trata de considerar los efectos de la aplicación masiva de técnicas de ingeniería genética a la producción agrícola.

Creo que no es exagerada la visión de N. Lenoir, ex presidente de la Comisión de Bioética de la Unesco, cuando nos habla de “enfrentar un Chernobyl genético”, y la de Seralini en cuanto advierte que debemos evitar un nuevo tipo de polución. Después de las poluciones químicas y nucleares, se trata de la polución genética que será imposible de recuperar por los ecosistemas

y la salud pública. Los controles sobre la inocuidad a largo tiempo de los organismos genéticamente modificados y de sus productos derivados sobre la salud pública, la salud animal o el medio ambiente no reposan hoy —y es muy importante comprenderlo— sobre algún fundamento científico serio (Seralini, G. E., 1998, p. 29). El tema, como bien lo advierte Panario, ya no es la contaminación biológica, sino el riesgo de una nueva forma de contaminación, la contaminación genética (Panario, D., 2001, p. 125).

Hace apenas algunas décadas se describió la estructura en doble cadena del ADN y desde entonces —en forma sostenida— se han sucedido una serie de descubrimientos que posibilitaron espectaculares avances en las tecnologías de la vida. No obstante ello, debemos tener la humildad de admitir que nuestros conocimientos en materia de genética molecular, tanto en el plano de los resultados como en el plano de los impactos genéticos de la transgénesis, son algo muy limitado (Seralini, G. E., 1998, p. 31).

P. Unalkat, en un lúcido ensayo acerca de ingeniería genética, se formula estos interrogantes: ¿qué debemos hacer con estos conocimientos recientemente adquiridos? ¿Qué es lo que nos da derecho a manipular estos procesos naturales y con qué finalidad? ¿Puede estar justificado por nuestras insaciables ansias de conocimiento o existe otro motivo? (Unalkat, P., 1998, p. 399).

Es innegable que las técnicas de ADN recombinante aplicables a la agricultura son portadoras de riesgo. No podemos descartar la existencia de riesgos, en tanto no se han investigado los efectos a mediano y largo plazo.



La ingeniería genética aplicada a las variedades vegetales constituye una actividad riesgosa.

Sustentar una actitud contraria que descarta toda idea de riesgo importa una arrogancia científica inadmisible.

No se trata simplemente de argumentar en el sentido que toda actividad humana es portadora de riesgo. Aquí el riesgo está vinculado a un determinado grado de incertidumbre científica sobre técnicas novedosas que actúan directamente en el ámbito de la genética vegetal.

Si ello no fuere así, carecería de sentido el sistema de autorización previa receptado por la gran mayoría de los países para autorizar la liberación al medio ambiente de cultivos transgénicos. Esto determina por primera vez en la historia del derecho –según lo recuerdan Hermitte y Noiville– que se aplique este régimen a todo un modo de producción antes de que ocurra algún accidente (Hermitte, M. A. y Noiville, C., 1993, p. 394).

De lo hasta aquí referido surge en forma incuestionable que la ingeniería genética aplicada a las variedades vegetales cons-

tituye una actividad riesgosa que torna imprescindible una intervención activa del Estado en cuanto a su gestión (Riechmann, J., y Tickner, J., 2002, p. 75).

VII. Los riesgos de la transgénesis vegetal

Procederemos a examinar los riesgos que importan los cultivos transgénicos con relación al medio ambiente y a la biodiversidad, por un lado, y a la salud humana y animal por el otro, a fin de determinar la procedencia de la aplicación del principio precautorio a este campo.

Como observación de carácter general debemos señalar que resulta imposible un análisis global de los riesgos que presentan los cultivos transgénicos, en tanto que cada situación exhibe características particulares derivadas de la naturaleza del transgen, de los efectos que produce en la variedad hospedadora, de la singularidad del ecosistema, etc. Esto condujo

—precisamente— a la adopción del principio de análisis “caso por caso”.

Las extrapolaciones de los resultados de los análisis, sobre todo de las implicaciones ecológicas —tal como lo destaca Torres—, son riesgosas y no aplicables; es decir que si se comprueba que no existe riesgo para la liberación de un OGM en un país de la zona templada con un determinado ecosistema, no se puede ni debe asumir que lo mismo se puede aplicar para un ecosistema de la zona tropical (Torres, L., 2002, p. 139).

En el mediano plazo los elementos más relevantes a tomar en consideración son:

- a) medir el potencial genéticamente contaminante de los OGM (difusión de genes, aceleración de resistencias);
- b) verificar la reducción de insumos que hagan a la ecuación costo-beneficio del cultivo en cuestión;
- c) sus impactos sobre los recursos naturales y la biodiversidad de sistemas, especialmente sobre la calidad del suelo y del agua;
- d) la calidad para el consumidor final (toxinas, alergias, trastornos clásicos) (Porcekanski, I., 2001, p. 135).

Con las salvedades precedentes, procederemos a analizar los riesgos más frecuentemente marcados en los estudios realizados hasta el presente.

1. Riesgos vinculados con el medio ambiente y la biodiversidad

A) La transgénesis y la ruptura de las barreras entre especies

La evolución de los seres que habitan el planeta ha observado sistemáticamente a través de

miles y miles de años un postulado básico: el de la diferenciación genética de las especies.

Las especies frecuentemente difieren en nuevas características, mas no todas sirven de instrumento para el aislamiento reproductivo. La evolución de nuevas especies ocurre conjuntamente con la evolución de mecanismos de aislamiento que difieren de grupo a grupo (Futuyma, D. J., 1997, p. 234).

El proceso de divergencia es continuo hasta un cierto punto, ocurriendo tanto antes como después de la especialización; la diferenciación genética se torna más pronunciada después de ocurrido el aislamiento reproductivo. Las especies existen no en virtud de la diferenciación completa de todo el genoma, sino en razón de barreras reproductivas que presentan los mismos tipos de bases genéticas que las características que presenta dentro de las poblaciones.

La diferenciación de las poblaciones en especies distintas puede ocurrir rápida o lentamente a través de la selección natural de la deriva genética o por una combinación de ambas. Las barreras genéticas al flujo genético (mecanismos de aislamiento) normalmente surgen como nuevos productos de mudanza genética a la vez que se desenvuelven como mecanismos que impiden la hibridación (Futuyma, D. J., 1997, p. 263).

La historia natural de la evolución de las especies muestra una clara y sostenida orientación dirigida hacia su diferenciación.

La irrupción de las técnicas de ingeniería genética en la agricultura pone en riesgo la continuación de la referida corriente evolutiva en las variedades, traducida en su diferenciación. Precisamente las técnicas de ingeniería genética, denominadas de

ADN recombinante, apuntan a introducir en el genoma de una variedad genes pertenecientes a otra variedad o reino.

La liberación potencial de muchos organismos nuevos recombinantes plantea una amenaza para la integridad de este modelo que ha generado la evolución, lo que los biólogos denominan “continuidad de la divergencia en la evolución”. Esta frase —recuerda Suzuki-Knudtsun— no es más que una manera de decir que la fuerza principal de la evolución ha sido el establecimiento gradual de diversos acervos genéticos separados y la puesta a prueba de ellos en relación con un medio ambiente en continuo cambio, sin permitir que se reúnan de nuevo. Esta tendencia inexorable hacia la diversidad es la que da como resultado las especies, los géneros, las familias y otras categorías taxonómicas que contribuyen al árbol evolutivo de la vida (Suzuki, D. y Knudtsun, P., 1991, p. 254).

Cada especie vegetal o animal está provista de un potencial de genes que delimitan el conjunto de sus caracteres hereditarios: son un patrimonio propio y específico (Pelt, J. M., 1998, 18). Los genes se transmiten de generación en generación por las células sexuales que al fecundarse marcan el punto de partida de un nuevo individuo según las leyes de la herencia. Pero las células sexuales sólo pueden fecundarse a condición de pertenecer a individuos de una misma especie (Pelt, J. M., 1998, 18).

Los trabajos de hibridación —tan utilizados en agricultura— se efectúan al interior de barreras sexuales que separan las especies; esas barreras, según los casos, delimitan estrictamente una especie dada sin ninguna posibilidad de hibridación con otra especie o al contrario englobando especies muy vecinas (llamadas afines). Este es el

signo de un orden fundamental inherente a la naturaleza que impide las mezclas de genes fuera de sus límites estrechos (Pelt, J.M., 1998, 20).

Si bien en la naturaleza existe transferencia horizontal de genes entre especies, realizadas a través de virus o elementos genéticamente virales como los plásmidos y los transposones que pasan de célula a célula, de organismo a organismo, estos elementos naturales responsables de tales transferencias son limitados por las barreras entre especies y todas las células disponen de mecanismos que degradan o desactivan los genes extraños (Wan-Ho, M., 1998, p. 20).

Conforme a los postulados que hemos referido, las plantas transgénicas expresan una “transgresión” a las leyes ordinarias de la naturaleza (Pelt, J. M., 1998, 21).

Los exámenes que realizan las oficinas nacionales que autorizan los cultivos transgénicos no pueden evaluar en forma alguna los efectos de tales cultivos a mediano y largo plazo respecto de la ruptura artificial de las barreras genéticas. Este es tal vez uno de los puntos más débiles de la defensa de estas técnicas de ingeniería genética en el sector vegetal.

En razón de ello, Suzuki-Knudtsun consideran con un criterio de prudencia que “hasta que no comprendamos mejor el alcance del intercambio genético entre especies con parentesco ligado a la naturaleza debemos considerar las fronteras evolutivas —áreas de intercambio genético relativamente limitado— como por lo menos indicadores provisionales de zonas de peligro potencial para la transferencia causal de genes recombinantes entre especies (Suzuki, D. y Knudtsun, P., 1991, p. 235).

B) Transgénesis y ecología de los genes

La transgénesis parte de una idea que puede ser cuestionada con fundamento: conocido en una especie un gen que rige un determinado carácter basta con la transmisión a otro genoma para que el individuo que lo posea incorpore ese nuevo carácter.

Esto —tal como lo enseña Wan-Ho— implica aceptar:

- a) que los genes determinen las características según cadenas lineales: un gen da un carácter;
- b) que los genes no son influidos por el medio ambiente;
- c) que los genes son estables y constantes;
- d) que los genes quedan en los organismos y habitan en el lugar donde son insertados (Wan-Ho, M., 1998, p. 16).

Todo lo cual es discutible a la luz de los conocimientos científicos actuales.

En primer lugar, un gen no trabaja en forma aislada sino que se integra a un conjunto extremadamente complejo. La función de cada gen depende del contexto de todos los otros en el genoma. Así, si un gen es transferido a un organismo extraño puede suceder que tenga efectos totalmente novedosos e imprevisibles, aun cuando no se manifieste en un primer momento, ya que no debemos perder de vista que nos movemos en el mundo de la vida, en cuyo dominio la dinámica de los procesos es continua.

En segundo lugar, cabe considerar que el conjunto genético del organismo se encuentra sometido a efectos fisiológicos de regulación con relación al medio ambiente externo.

En tercer lugar, estos procesos de regulación no cambian sólo la función de los genes, sino que pueden hacerles sufrir mutaciones.

En una posición similar a la de Wan-Ho, Ruth Hubbard, profesora emérita en biología en la Universidad de Harvard, expresa: “Los genes no son autónomos. En los organismos vivos —mucho más que tubos de ensayo— los genes funcionan como partes de sistemas químicos y biológicos integrados. Por ello, trasladar un gen perteneciente a una clase de organismo a otra clase podría acarrear tres consecuencias: no provocar efecto alguno; tener el efecto esperado; o tener un efecto impredecible, el cual podría ser deletéreo o no. Cuál de estas tres consecuencias tendrá lugar finalmente no puede saberse hasta que el experimento se haya realizado muchas veces. Además, si dicho experimento se lleva a cabo en pruebas de campo, no hay manera de asegurar que el gen extraño sea aceptado dentro de la especie a la cual se lo transfiere y entonces tampoco puede asegurarse que aquél no tenga efectos deletéreos sobre otras plantas o animales que entren en contacto con esa especie, incluso los seres humanos. Por esta razón, es imposible garantizar con fundamento científico la seguridad de la transferencia de genes entre especies diferentes o aun dentro de la misma especie” (Hubbard, R., 1999, p. 15).

Es que la nueva imagen del gen se opone diametralmente a la antigua visión estática y reduccionista. El gen tiene una ecología muy complicada constituida de muchos niveles interactuantes: el genoma, la fisiología del organismo y su medio ambiente externo.

Por ello, el mito de que la ingeniería genética aplicada a un organismo viviente constituye una operación precisa, decae por su base. La inserción de un gen extraño al

interior del genoma es un proceso azaroso no sometido al control de los genetistas, que perturba profundamente la ecología de los genes a todos los niveles.

De allí la necesidad de profundizar el estudio de la ecología de los genes antes de lanzarse a una carrera por imponer un cambio radical en la agricultura, carrera que sólo atiende un aspecto particular: el incremento de la producción.

C) Transgénesis y biodiversidad

La biodiversidad, según el sentido dado hoy a este término, designa el conjunto de formas y de funciones del mundo viviente. Ello corresponde de hecho a una realidad conocida después de largo tiempo: en cada nivel de organización de la vida, del material genético en las poblaciones, de especies, de la célula al organismo, el mundo viviente está extremadamente diversificado. Dos problemas interdependientes preocupan hoy a los biólogos: la cuantificación y el mantenimiento de la diversidad biológica (Seutin, G., 1997, p. 13).

En especial, en materia agrícola la biodiversidad proporciona seguridad a los agricultores contra enfermedades, plagas y condiciones climáticas inesperadas. Basados en miles de años de experiencia y un profundo conocimiento de sus necesidades y de los sistemas agrícolas de producción, las comunidades han desarrollado múltiples estrategias para sus sistemas de cultivo, todos los cuales apuntan a mantener la diversidad genética (I.T.D.G., 1994, p. 22).

Luego de la Segunda Guerra Mundial, la llamada “Revolución verde” produjo sustanciales cambios en el rendimiento de cereales básicos en base a la reducción de la altura de las plantas y al empleo de fertilizantes

químicos e irrigación. No todo fue positivo en esa “revolución” ya que la diversidad genética basada en las prácticas tradicionales de los agricultores fue debilitada por el uso intensivo de “semillas milagrosas”, junto a agroquímicos, dando lugar en algunos casos a cuantiosas pérdidas por plagas y enfermedades que no pudieron ser combatidas adecuadamente (I.T.D.G., 1994, p. 24).

Aun antes de haberse apagado los efectos de esta “revolución”, aparecen los cultivos de variedades transgénicas mostrando una nueva fase en el camino de transformación de las prácticas agrícolas tradicionales.

En base a unas pocas variedades transgénicas, se está edificando aceleradamente la agricultura “posmoderna”, creando las condiciones para la uniformidad genética en el paisaje rural (Altieri, M. A., 1998, p. 19).

Esto importa paralelamente una nueva amenaza que puede comprometer el futuro de la base alimentaria.

Para comprender esta afirmación que pareciera pecar de exagerada o insensata —en tanto destacados especialistas ven en la agricultura transgénica una especie de milagro destinado a paliar el hambre en un mundo cada vez más poblado—, tenemos que referirnos a la forma en que se desarrolla esta agricultura.

En los cultivos básicos tales como la soja, la expansión ha sido exponencial en pocos años, habiéndose reemplazado las formas tradicionales por cultivos homogéneos en base a semillas uniformes. Así, definitivamente se le asienta un duro golpe a la diversidad genética en base a semillas cuyo comportamiento a mediano y largo plazo se ignora.

Esos cultivos clónicos no compartirán tan sólo unos cuantos genes como ocurre en las actuales plantas de maíz híbrido,

sino que sus genomas sintéticos serán virtualmente copias entre sí, iguales en todos los “loci” (Suzuki, D., y Knudston, P., 1991, p. 277).

En una obra escrita hace un decenio, Suzuki y Knudston imaginaron, con precisión, el cuadro que hoy se nos presenta: “La ingeniería genética aplicada a los cultivos agrícolas podría exagerar la uniformidad genética que ya existe en las cosechas. Podría abrir las puertas a nuevos niveles de monocultivo genético que aumentaría la vulnerabilidad de las cosechas a los cambios climáticos las condiciones del suelo y las enfermedades. Al mismo tiempo el éxito a corto plazo de las cosechas obtenidas por manipulación genética podría desfasar aún más las pocas poblaciones que aún se conservan en los ancestros o parientes de nuestras plantas domésticas actuales, erosionando más todavía la base de la riqueza genética con que contamos” (Suzuki, D. y Knudston, P., 1991, p. 277).

En una posición enfrentada, autorizados autores, provenientes de diversas ramas del conocimiento –Hottois, Kahn, Muñoz, entre otros– discrepan con el criterio expuesto, entendiendo que la ingeniería genética favorece la biodiversidad. Hottois considera que las técnicas de transgénesis que tornan posible la transferencia de secuencias genéticas, no sólo de una especie a otra sino también de un reino a otro (v.g. entre el animal y el vegetal), esperando la inserción de secuencias genéticas artificiales y, por ende, no clonadas a partir de un genoma natural cualquiera, confieren en sí mismas un poder extraordinario de acrecentamiento de la diversidad de lo viviente. Esta diversificación potencial –a su criterio– no traiciona la solidaridad con la biosfera, y por el contrario, la considera

haciendo posible lo que la naturaleza, tal como la evolución lo ha confirmado, no permite: la fecundación genética interespecies o interreinos.

Pero adelantándose a las críticas que podrían formularse, el filósofo belga señala “que esas posibilidades no se dan sin riesgos y que incuestionablemente su explotación desconsiderada puede tener consecuencias opuestas al acrecentamiento de la biodiversidad. Mas –agrega– los problemas no son causados por alguna maledicencia o tendencia empobrecedora o destructiva intrínseca a las tecnociencias. Ellas dependen de la naturaleza humana y de su institución” (Hottois, G., 1977, p. 166).

Para poder ubicarnos en el tema se torna necesario atender al diverso enfoque de la biotecnología como tecnociencia y como industria.

El peligro de la pérdida de la biodiversidad no está en el logro científico de la transgénesis sino en el hecho de convertir a la agricultura tradicional en agricultura transgénica, tal como está sucediendo en forma acelerada.

Cuando la agricultura tradicional se transforma rápidamente en agricultura transgénica, la uniformidad de los cultivos es inevitable y la pérdida de diversidad constituye una simple consecuencia de la expansión de los cultivos en base a semillas homogéneas.

También sería legítimo argumentar que algunas técnicas de ADN recombinante prometen enriquecer enormemente la diversidad genética de algunas especies mediante el intercambio de genes entre especies que razonablemente no se cruzan entre sí en la naturaleza. Pero recuérdese que la diversidad genética no puede medirse simplemente por la cantidad de genes disponibles en una especie.

La diversidad genética posee también una dimensión cualitativa, pues debemos conceder un valor especial a aquellos genes que no sólo codifican un rasgo deseable, sino que además se han sometido durante generaciones a tests evolutivos y se han mostrado capaces de contribuir a la supervivencia de la especie, al propio tiempo que trabajaban en armonía con decenas de miles de otros genes (Suzuki, D. y Knudston, P., 1991, p. 277).

Axel Kahn, biólogo molecular de merecido prestigio, que presidiera durante un decenio el INRA francés, sostiene que las biotecnologías en tanto que tales no llevan a la reducción de la biodiversidad. “La transferencia de un gen de una especie a otra especie en particular crea una nueva diversidad biológica y no la reduce; las biotecnologías son una fuente potencial para una nueva biodiversidad a través de la creación de fenotipos y de combinaciones que no existían” (Kahn, A., 1996, p. 49).

Aquí cabe reiterar argumentos expuestos más arriba. Como logro científico, la biotecnología podría dar lugar a una “particular y discutible fuente de biodiversidad artificial”, pero esto no puede constituir el centro del debate.

Si fundados en ese logro se transforma la agricultura mundial utilizando semillas uniformes portadoras del gen seleccionado, la pérdida de la diversidad biológica es indiscutible, y esta es la situación que hoy afrontamos.

Muy similar a Hottois y Kahn es la postura de Emilio Muñoz en España, quien comienza por señalar que la actual explotación agrícola ha reducido hasta límites insospechados la variedad y riqueza de los alimentos que comemos, agregando que –por el contrario– la biotecnología puede aumentar la biodiversidad, “aunque ello

no quiere decir que su uso encaminado a la búsqueda del éxito comercial vaya en ese sentido” (Muñoz, E., 1998, p. 119).

Afirmar en abstracto que la biotecnología puede aumentar la diversidad vegetal no aporta nada al debate, ya que no se trata de hipotizar sobre una tecnología que habrá de aplicarse en el siglo venidero y quién sabe con qué alcances. Lo concreto y lo real hoy es que la transgénesis vegetal ha invadido un sector relevante de la agricultura mundial, y que tal invasión importa una pérdida de diversidad biológica en tanto los cultivos se realizan en base a unas pocas variedades genéticamente modificadas, acentuando un proceso que –es cierto– no fue inaugurado por la ingeniería genética.

Junto a la pérdida de la biodiversidad a raíz de la “homogeneización” de un desarrollo sin control –observa Zaragoza Barillo– la producción biológica mal orientada deja agotada la variabilidad de las actuales especies, razas o variedades, que incluso en no pocos casos llegan a extinguirse. Así, la selección unilateral hacia determinadas producciones especializadas orientadas a la industria (basada en mayor cantidad o calidad de alimentos o de materia prima industrial) disminuye o altera gravemente el acervo genético, con olvido de razas animales y vegetales autóctonas de menor producción, pero de un potencial insospechado para el futuro, han hecho desaparecer multitud de poblaciones cuya supervivencia solamente es posible mediante la aplicación de una conservación racional (Zaragoza Barillo, I., 1998, p. 311).

Si bien las prácticas agrícolas actuales reducen la biodiversidad –lo cual es indiscutible–, ello no implica que debamos tomarla como ejemplo o que en todo caso deba

profundizarse el daño causado aumentando aún más la homogeneidad de los cultivos (Leconte, F. Del Pessel et Pierre Guyon, 1998, p. 49).

En el informe elaborado por un grupo de trabajo que representó a la Academia de Ciencias de Brasil, a la Academia de Ciencias de China, a la Academia Mexicana de Ciencias, a la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, a la Academia Nacional de Ciencias de la India, a la Royal Society of London y a la United States National Academy of Sciences, dado a conocer en julio de 2000, pese a la circunstancia de manifestar en líneas generales una posición favorable a los cultivos transgénicos, se señala que “en vista del uso limitado de las plantas transgénicas en el mundo y de las condiciones geográficas y ecológicas relativamente limitadas de su liberación, la información concreta acerca de sus efectos reales sobre el medio ambiente y la diversidad biológica es aún muy escasa. Por consiguiente no hay consenso en lo que se refiere a la gravedad e incluso a la existencia de cualquier posible daño ambiental en la tecnología de plantas transgénicas”.

El estudio agrega que existe necesidad, por tanto, de efectuar evaluaciones de riesgos muy completas en cuanto a las posibles consecuencias de todas las variedades de plantas transgénicas desde una etapa muy temprana de su desarrollo, así como de un sistema de seguimiento que permite evaluar esos riesgos en las pruebas de campo y liberaciones subsecuentes (<http://www.ibt.unam.mx>).

Las evaluaciones de riesgo requieren información básica previa, incluyendo la biología y ecología de la especie, la identificación de especies emparentadas con ella y los nuevos caracteres resultantes

de la transgénesis, así como datos ecológicos relevantes acerca del (o de los) sitio(s) donde se pretende liberar la planta transgénica.

Desde luego que los riesgos ambientales no son propios ni exclusivos de los cultivos transgénicos. El citado documento destaca que la agricultura moderna es intrínsecamente destructora del medio ambiente. En particular desvasta la diversidad biológica, sobre todo cuando se practica de manera ineficiente en cuanto al uso de recursos o cuando significa la aplicación de tecnologías que no están adaptadas a las características ambientales (suelos, laderas o zonas climáticas) de cierta región. La aplicación generalizada de tecnologías agrícolas ordinarias, como herbicidas, plaguicidas, fertilizantes y labores de labranza, ha dado como resultado graves daños ambientales en muchas partes del mundo. En vista de ello el mencionado documento recomienda evaluar los riesgos ambientales de las nuevas tecnologías transgénicas comparándolas con los riesgos de seguir utilizando tecnologías convencionales y otras técnicas de uso común.

Aquí cabe reflexionar que no se trata de sustituir tecnologías dañinas para el medio ambiente por otras igualmente dañinas, sino de operar racionalmente en un campo en el que se encuentra en juego el futuro de la alimentación humana y la salud de los habitantes de la Tierra.

Testard señala, sobre este particular, que la multiplicidad de variedades naturales, ya amenazada por la agricultura tradicional, puede ser rápidamente afectada por los programas gigantes de agricultura transgénica, arruinando los reservorios de recursos genéticos (Testard, J., 1998, p. 15).



La posibilidad de que las modificaciones genéticas en plantas conlleven a elevar el número de malezas puede tener consecuencias tanto para la agricultura como para las poblaciones naturales.

D) Transgénesis y enmalezamiento

Altieri advierte que aunque existe la preocupación de que los cultivos transgénicos se puedan convertir a su vez en malezas, el mayor riesgo ecológico es que liberaciones a gran escala de cultivos transgénicos puedan provocar el flujo de transgenes a otras plantas silvestres que entonces pueden transformarse en malezas. El proceso biológico que preocupa aquí es la introgresión, es decir la hibridación entre especies de diferentes plantas (Altieri, M. A., 1998, p. 19).

La posibilidad de que las modificaciones genéticas en plantas conlleven a elevar el número de malezas puede tener consecuencias tanto para la agricultura como para las poblaciones naturales.

Uno de los objetivos centrales de la actual difusión de las plantas transgéni-

cas es el de la introducción de cultivos tolerantes a herbicidas. Lo irónico del caso —señala Altieri— es que esta “biorevolución” está siendo introducida por los mismos intereses que provocaron la primera ola de agricultura basada en los agroquímicos.

Según las industrias comprometidas esto permitiría a los agricultores simplificar los requisitos de manejo de malezas mediante la utilización de un solo herbicida de amplio espectro que se descomponga rápidamente en el suelo (por ejemplo glifosato, bromoxynil, sulfonilurea, unidazolinore, etcétera).

Pero es del caso señalar que está suficientemente probado que cuando se utiliza un solo herbicida en forma reiterada sobre un cultivo aumentan las posibilidades que se desarrollen resistencias al herbicida en la población de malezas, con lo cual si bien los

resultados a corto plazo pueden ser positivos —en tanto se destruyan las malezas que imposibilitan el crecimiento normal del cultivo— a largo plazo los resultados son totalmente azarosos (Altieri, M. A., 1998, p. 19).

La dispersión de semillas o polen de parcelas de plantas transgénicas resistentes a herbicidas podría ser muy peligrosa, sobre todo si se dan cruces entre plantas modificadas que contengan resistencias contra diferentes herbicidas, creando malezas muy difíciles de ser controladas. Esto llevaría al uso de herbicidas potencialmente más dañinos que los utilizados en la actualidad (Torres, M. L., 2000).

Pero tal vez el tema más preocupante sea el de los efectos de una remoción total de malezas. Se ha documentado que un cierto nivel de diversidad de malezas en los alrededores o en los campos de cultivo pueden jugar un papel ecológico importante para la estimulación del control biológico de plagas y para protección de la erosión de los suelos.

Los agrosistemas empobrecidos en su diversidad vegetal proveen las condiciones óptimas para el crecimiento libre de malezas, insectos y enfermedades, dado que muchos nichos ecológicos no serán ocupados por otros organismos.

Aun con un éxito inicial de estas plantas transgénicas capaces de eliminar las malezas, tendríamos que la industria podría obtener un mejor rendimiento en las cosechas (favoreciendo la producción) a expensas de asumir una serie de riesgos que podrían comprometer seriamente el futuro de la agricultura y la salud humana (Altieri, M. A., 1998, p. 19).

Según Provanza Lobo la hibridación con parientes filogenéticos produciría la introgresión de genes de estirpes silvestres, pudiéndose formar supermalezas: malas hierbas

portadoras de transgenes que se hicieran más resistentes. Se sabe que 12 de las 13 especies más cultivadas en el mundo son capaces de hibridar con estirpes emparentadas silvestres y se ha podido constatar que algunas variedades transgénicas son más eficientes hibridadas, incluso, que cultivares no-transgénicos (Provanza Lobo, 2002, p. 293).

E) Flujo del transgen

Torres, siguiendo a Rogers y Parker, enseña que para determinar el impacto derivado del flujo del transgen sobre la diversidad biológica y el medio ambiente hay que analizar los siguientes factores:

- 1) Dispersión de la planta transgénica, ya sea a través de la semilla o por transferencia del polen. Los trabajos realizados hasta el presente se concentran en la dispersión a través del polen. No obstante ello, el estado latente de las semillas puede tener un significado potencial para transgenes que puede entrar así a poblaciones de especies silvestres emparentadas o al banco genético de la misma planta de cultivo.
- 2) Competitividad con el medio ambiente nuevo. La probabilidad que las plantas transgénicas se establezcan dependerá de su competitividad con el nuevo medio ambiente.

Los transgenes dentro de poblaciones naturales de plantas ecológicamente competentes pueden producir efectos serios si es que el transgen ofrece una ventaja selectiva en las especies silvestres. Si esto llegara a suceder el transgen se volverá dominante y esto traería como consecuencia una disminución de la variación génica natural.

- 3) La oportunidad para la transferencia de un gen desde una parcela de cultivo de plantas transgénicas mediante el polen dependerá del grado de compatibilidad sexual entre las especies genéticamente modificadas y sus parientes silvestres, y de las oportunidades de polinización y de puesta de semilla.

El flujo de un gen no sólo dependerá de la especie de la planta en sí, sino también de la variedad, del lugar y de las condiciones climáticas.

- 4) La compatibilidad sexual entre las plantas de cultivo y las especies nativas. La mayoría de los datos de compatibilidad sexual entre plantas de cultivo y sus parientes silvestres se deriva de métodos tradicionales de cultivo donde se realiza polinización artificial, y por tanto los resultados de este tipo de experimento no siempre reflejan lo que puede ocurrir en la naturaleza (Torres, M. L., 2000).

Pierre Thuriaux en uno de los trabajos que integran el volumen de diez años de experiencia de la Comisión Francesa de Genética Biomolecular, afirma que debe admitirse el carácter parcelario de los conocimientos en el dominio del flujo de genes donde las aplicaciones técnicas de la genética molecular reactualizan disciplinas relativamente descuidadas como la microbiología o la genética de poblaciones (Thuriaux, P., 1997, p. 99). A juicio de Brown, el flujo de genes es posible, pero se desconocen todavía las consecuencias (Brown, K., 2001, p. 14).

Es cierto lo que señalan los acólitos de los cultivos transgénicos de que en la na-

turalidad ocurren transferencias horizontales de genes; pero de esto no podemos concluir –como lo hace Iañez Pareja– que el riesgo de transferencia es similar para las cosechas convencionales que para las derivadas de biotecnología molecular (Iañez Pareja, 2002, p. 275). No sólo el procedimiento sino las características de los genes transferidos nos ponen ante otro escenario. El viento o los insectos podrán portar polen de plantas transgénicas hasta hierbajos que estuvieran genéticamente próximas a ellas y fecundarlas. De ocurrir así –considera Brown– las plantas recién dotadas podrían escapar de su rasgo ecológico y trocarse en “super malezas” provistas de resistencia especial a la erradicación de depredadores naturales o plaguicidas. Tal flujo de genes es posible, pero se desconocen todavía sus consecuencias (Brown, K., 2001, p. 14).

A esto cabe agregar los aspectos negativos de los cultivos transgénicos en centros de alta diversidad o centros de origen de plantas de cultivo en los que resulta muy difícil establecer el límite entre poblaciones silvestres y cultivadas. Los datos de que se disponen al presente de liberación de OGM en centros de diversidad biológica no representan una evaluación sustancial que haga posible un análisis real de los posibles efectos de riesgo que puedan ocasionar. Existen muy pocas pruebas experimentales que investigan la relación entre ingeniería genética y biodiversidad (Torres, L., 2000; Pengue, W.A., 2000, p.133).

F) Resistencia a las plagas

Uno de los primeros logros de la nueva biotecnología vegetal –según lo refiere Iañez Pareja– fue el aprovechamiento de la

actividad de un grupo de bacterias del género *Bacillus* que durante el proceso de esporiación producen proteínas con actividad insecticida frente a larvas de insectos depredadores de la agricultura, especialmente lepidópteros y coleópteros. Se trata de las llamadas endotoxinas delta o proteínas cristalinas “Craig” que se utilizan masivamente en tanto se encuentran autoprotegidas frente a posibles ataques de insectos (Iañez Pareja, 2002, p. 263).

Estos cultivos han aumentado considerablemente la producción por hectárea pero paralelamente dejan grandes interrogantes sobre su sustentabilidad a mediano y largo plazo.

En opinión de Altieri y Rosset en lugar del fracasado modelo de “una plaga, un producto químico” la ingeniería genética hace énfasis en la aproximación “una plaga—un gen” que ha demostrado fracasar una y otra vez en pruebas de laboratorio, ya que las especies de plagas se adaptan rápidamente y desarrollan resistencia al insecticida presente en la planta. Los cultivos **BT** —en su opinión— violan el principio básico y ampliamente aceptado del “manejo integrado de pesticidas”, que es que la confianza de una tecnología particular de manejo de plagas tiende a provocar cambios en especies de plagas o en la evolución de resistencia a través de uno o más mecanismos (Altieri y Rosset, 2001, p. 11; Alstad, D. N. y D. A. Andow, 1995, p. 1894).

El estudio citado de las Academias de Ciencia señala que las poblaciones de plagas y organismos fitopatógenos se adaptan rápidamente y se vuelven resistentes a los plaguicidas, y no existen razones para suponer que no ocurrirá lo mismo y con la misma rapidez con las plantas transgénicas.

Además, los biotipos de las plagas varían de una región a otra. Por ejemplo, es probable que los cultivos resistentes a insectos diseñados para Estados Unidos y Canadá tengan resistencia a plagas que no ocasionan problemas a los países en vías de desarrollo. Incluso los mismos casos en que los genes de resistencia a los insectos y herbicidas sean útiles en varias regiones, normalmente es necesario introducirlos en los cultivares adaptados a las condiciones locales.

El informe de las Academias concluye el tratamiento de este tema indicando que se requieren más investigaciones sobre las plantas transgénicas que se han vuelto resistentes a plagas locales a fin de evaluar la sustentabilidad frente a un aumento de las presiones de selección para plagas cada vez más virulentas.

Aquí hay que considerar un efecto indirecto del uso de los pesticidas logrado con la ingeniería genética: la persistencia en el suelo (y posibles efectos durmientes, o sea a mediano plazo) de proteínas pesticidas como en el caso de la proteína experimentada desde **BT**. Los estudios realizados hasta hoy —lo destaca Provanza Lobo— demuestran que no hay reglas fijas (Provanza Lobo, A., 2000, p. 293).

En este campo se carece de estudios serios que puedan ilustrar acerca de los efectos a mediano y largo plazo.

Con relación a las plantas transgénicas resistentes a herbicidas Aigle y colaboradores destacan que el balance costo/beneficio a largo tiempo es poco previsible cuantitativamente. Si el beneficio inmediato en términos ecológicos es claro, a largo tiempo la pérdida de la eficacia de los herbicidas aparece como ineluctable y el balance difícil de establecer.

En efecto, agregan, ningún estudio predictivo es tan fiable como para prevenir el tiempo y las superficies involucradas. Debería constituirse una red de control para seguir las consecuencias de las diseminaciones a gran escala de las plantas transgénicas y para describir año con año la progresión de las resistencias.

Constituiría también un sistema de alerta en caso de explosión –aun local– del fenómeno. Los parámetros o controles y las modalidades de funcionamiento de este sistema deberían ser rápidamente definidas por los genetistas de poblaciones, los agrónomos, los profesionales y los poderes públicos (Aigle, M., Chupeau, Y., Schoonejans, E., 1997, p. 111; Brown, K., 2001, p. 19).

En el desarrollo de los “cultivos resistentes” no sólo deben evaluarse los efectos directos en el insecto o en la maleza, sino los efectos indirectos en la planta, en el suelo y en los otros organismos presentes en el ecosistema (Altieri, M. A., 1998, p. 19). En esta misma línea –destaca Peñuela Pava– el uso de organismos genéticamente modificados en la agricultura introduce nuevos productos o procesos susceptibles de actuar como factores exógenos sobre la dinámica evolutiva de especies cultivares y sus parientes silvestres (Peñuela Pava, R., 1999, p. 68).

2. Efectos con relación a la salud humana y animal:

Los procedimientos de ingeniería genética vegetal importan en la mayor parte de los casos la introducción de genes, bacterias, herbicidas o sus metabolistas.

Pelt destaca que la cuestión de la evolución de la toxicidad crónica de las plantas transgénicas no ha sido objeto hasta el presente de exigencias particulares. Comparando los

controles a los que son sometidos los medicamentos antes de ser librados al consumo humano con las variedades transgénicas, se puede advertir una notable disparidad.

Cuando hablamos de plantas “tolerantes” a herbicidas entendemos por tales a las que son capaces de absorber cantidades significativas de herbicidas sin ser destruidas.

En el caso del glifosato pueden existir efectos a largo plazo por transmisión de productos tóxicos a animales que integran la cadena de alimentación humana. El glifosato presenta en toxicología efectos mutagénicos y efectos negativos sobre la fertilidad de los mamíferos.

Frente a esta situación se impone verificar la virtual acumulación de residuos pesticidas en los tejidos vegetales, en los animales de consumo y sobre todo en los individuos humanos.

Los efectos ecológicos no están limitados a la resistencia de las plagas ni a la creación de malezas o tipos de virus. Puede llegar a producir toxinas ambientales que se mueven a través de la cadena alimentaria y que también pueden terminar en el suelo y el agua afectando a invertebrados y probablemente impactando procesos ecológicos, tales como el ciclo nutriente (Altieri, M. A., 1998, p. 19).

Igualmente otro riesgo para la salud es el de las alergias.

En Brasil se ha constatado que genes de nuez incorporados a la zona transgénica transforman a ésta en altamente alérgica; lo mismo sucede con las fresas resistentes a heladas que llevan incorporado un gen de pescado.

Estas situaciones justifican, a juicio de Lacadena, la petición hecha por organizaciones de consumidores y ecologistas de que los productos elaborados con plantas transgénicas lleven el etiquetado correspondiente (Lacadena, J. R., 1998, p. 17).

En el ya mencionado informe de las Academias de Ciencia se sugiere hacer el máximo esfuerzo por evitar la introducción de alérgenos conocidos a los cultivos alimentarios. La información acerca de los probables alérgenos y las toxinas naturales de las plantas deberían estar a disposición de los investigadores, de la industria, de las autoridades reguladoras y de la población en general.

VIII. Conclusiones

Dentro del campo de las biotecnologías modernas, el relativo al cultivo de las variedades transgénicas es el que ofrece un mayor grado de incertidumbre.

En los estudios de quienes lo apoyan encontramos conclusiones categóricas que aseguran a pie juntillas que el cultivo de transgénicos no importa mayores riesgos que los cultivos tradicionales. En esta dirección Iañez Pareja pone fin a un trabajo sobre el tema señalando que buena parte (si no todos) de los argumentos esgrimidos contra la transgénesis son en realidad aplicables igualmente a las plantas convencionales. El tipo de estudios multidisciplinarios de largo plazo de evaluar riesgos de cualquier tipo en mejora genética —agrega— sencillamente no ha existido y sólo ahora se está en camino de diseñar experimentos adecuados tanto para organismos transgénicos como para organismos convencionales que nunca ha pasado del escrutinio al que está sometida la ingeniería genética (Iañez Pareja, 2002, p. 263). En términos similares García Olmedo señala que las aplicaciones de los nuevos avances bio-

lógicos comportan algunos riesgos, pero éstos no son distintos de los derivados de otras prácticas que la opinión pública acepta sin recelos ni escándalo moral. Esta ciencia ha contribuido de forma muy considerable a nuestro bienestar y a nuestra salud actuales a cambio de correr un riesgo muy moderado (García Olmedo, F., 1998, p. 178).

En una posición más moderada el mencionado documento de las Academias recomienda que se hagan esfuerzos coordinados para investigar los posibles efectos ambientales, tanto positivos como negativos de las tecnologías de plantas transgénicas en cada una de las aplicaciones específicas y que todos los efectos ambientales de dichas plantas sean evaluados mediante una comparación con los efectos de los métodos agrícolas ordinarios que se utilizan actualmente en los lugares donde se desarrolla o siembra el cultivo transgénico.

En el extremo opuesto tenemos las opiniones de destacados investigadores que esbozan fuertes cuestionamientos, sobre todo en relación con los efectos sobre el medio ambiente. En esta dirección señalamos los ya recordados estudios de Altieri y Rosset, Pelt, Testard y Provanza Lobo. Este último destaca que hay bastante información sobre los efectos de los transgénicos en los sistemas naturales y agrícolas, pero no hay datos experimentales consistentes a mediano-largo plazo, y existe un amplio umbral de incertidumbre (Provanza Lobo, 2002, p. 293).

El destacado genetista Lacadena, en un reciente estudio, con gran honestidad intelectual y siguiendo a Hails, marca los beneficios potenciales y los riesgos potenciales referidos básicamente a los aspectos ecológicos (Lacadena, J. R., 2002, p. 432).

No dudamos que la agricultura convencional practicada en forma masiva con utilización de agroquímicos, pesticidas, fertilizantes, etc., está muy lejos de acercarse al ideal de una agricultura sustentable. Pero el hecho de no haber sido suficientemente evaluados los riesgos o que hayan fracasado los controles no implica que debemos abrir la puerta en forma ligera a la agricultura transgénica.

Tal vez sea el momento de ajustar los controles a toda forma de explotación agrícola, privilegiando la defensa de valores colectivos: la salud humana y animal, la alimentación, la biodiversidad y el medio ambiente, acudiendo a opciones agrícolas viables, entre ellas la cuidadosa rotación de cultivos y los métodos de cultivo orgánico (Brown, K., 2001, p. 19).

Estamos insertos en una revolución agrícola que se proyecta decididamente hacia el futuro sin que haya existido un debate racional, serio, desprovisto de todo otro interés que no sea el de la protección y defensa de bienes comunes. Resulta entonces explicable la reacción negativa de la opinión pública a la imposición de estas técnicas. Paillotin, presidente del INRA francés, señala que en las plantas transgénicas la reacción del público es debida por una parte a la incomprensión, y por otra parte a un cierto número de errores en la presentación de las innovaciones (Paillotin, 1998, p. 29).

Mientras avanza la biotecnología agrícola sin mayor nivel de información –o lo que es peor–, mediante una referencia parcial que responde las más de las veces a intereses sectoriales, cobramos conciencia de transitar un camino riesgoso tomando en consideración los efectos a mediano y largo plazo. Testard ya en 1998 advirtió que

la enorme inversión intelectual y financiera puesta en las plantas transgénicas hacía prever que construcciones vivientes inéditas serán dispersadas como productos industriales, según programas universales que ignoran las fronteras políticas, los nichos ecológicos y la conservación del patrimonio biológico (Testard, 1998, p. 16).

La contaminación genética, a diferencia de otras contaminaciones –lo señalan Altieri y Rosset–, no puede ser controlada con un botallón, por lo tanto sus efectos son irreversibles y pueden ser permanentes. Como en el caso de los pesticidas prohibidos en los países nórdicos y aplicados en el Sur, no hay razón para suponer que las corporaciones biotecnológicas asumirán los costos ambientales y de salud asociados con el uso masivo de cultivos transgénicos en el Sur (Altieri y Rosset, 2001, p. 11).

Corresponde al Estado asumir la protección y defensa de bienes comunes. En este caso la intervención debe pasar por la implementación de políticas activas de evaluación y gestión de los riesgos, y en función de ello se impone recurrir al principio de precaución (Bourg, D., 1999, p. 33).

De la mísera síntesis de los problemas que podría generar al medio ambiente, a la biodiversidad, a la agricultura en general y a la salud humana y animal el cultivo de las variedades transgénicas, queda en claro que nos movemos en un campo de incertidumbres y que existen áreas enteras que no han sido investigadas por no haberse dispuesto del tiempo suficiente para hacerlo.

De los estudios más serios efectuados en torno a la agricultura transgénica –incluyendo el recordado estudio de las Academias de ciencia– queda en claro que los juicios favorables a su difusión sólo consideraron los efectos a corto plazo. No existen

opiniones fundadas —y no podría ser de otra forma— sobre los efectos a mediano y largo plazo, que son los que deben preocuparnos. El fin de la ingeniería genética en la agricultura —lo señala Kahn— no es simplemente producir más, sino igualmente producir con un nivel creciente de seguridad (Kahn, A., 1990, p. 12).

La sistemática reiteración de opiniones categóricas de “expertos” acerca de la inocuidad de los cultivos transgénicos no puede conducir a otra conclusión que no sea el de poner en tela de juicio sus saberes, o lo que es más grave la independencia de criterio con que actúan, ya que la aceptación social de sus pareceres o dictámenes tiene como valla infranqueable los datos que suministra el sentido común.

Cuando se trata de tecnologías susceptibles de afectar al medio ambiente o a especies domésticas, incluso a la especie humana —anota Testard con cita de Kaloara— el acto de peritaje ya no se basa exclusivamente en la validez del conocimiento, la garantía científica conferida a la decisión, sino en su capacidad de integrar las incertidumbres y de poner en escena un futuro incierto (Testard, J., 2000, p. 24). En este sentido, Peñuela Pava señala que bajo un enfoque apropiado del principio de precaución, el aprendizaje de los diferentes casos debería finalmente dar consistencia a los juicios sobre el riesgo, en lugar de dar fundamento a un incipiente sistema de excepciones selectivas (Peñuela Pava, R., 1999, p. 68).

La existencia de controversias científicas —lo enseña Muñoz— es un fenómeno normal del proceso de producción del conocimiento y del desarrollo científico. Pero en situaciones complejas las controversias científicas no se pueden clausurar siguiendo las pautas y mecanismos de la propia comunidad

científica (Muñoz, E., 2000, p. 373). Cuando tales controversias versan sobre bienes comunes privilegiados se torna imprescindible el debate plural con intervención de los diversos actores para que las decisiones que se adopten en consecuencia puedan ser aceptadas por la sociedad, evitando el rechazo, que muchas veces es el fruto de la desinformación o del deseo colectivo de no prestarse a ser manipulado.

Lo que sucede —de más está señalarlo— es grave en tanto se ha omitido deliberadamente un debate serio y plural, teniendo a la vista las consecuencias previsibles o imaginables de las nuevas tecnologías de la vida.

Al señalar esto no nos situamos en posición de rechazar los logros de la moderna biotecnología por la sola razón de su origen; lo que importaría adoptar una postura tan sectaria como la que criticamos. El principio precautorio no debe conducir a la sociedad a adoptar una actitud defensiva con respecto de la tecnociencias. La creencia en los beneficios del progreso técnico ha perdido fuerza en estos últimos años. La desconfianza para con las tecnociencias se ha expandido al público, a la par que se ha deteriorado la confianza en los científicos y expertos. No obstante en este contexto actual, naturalmente tecnofóbico, no resulta inútil recordar los efectos beneficiosos del desarrollo tecno-científico (Missa, 2000, p. 181).

Pensamos que ni la biotecnología aplicada a las variedades vegetales representa la suma de todos los males ni que —por el contrario— es la solución ideal arrimada por la ciencia para una multiplicidad de temas (alimentación en un mundo superpoblado, mejora en la calidad de los alimentos, eliminación de agroquímicos, sustentabilidad agrícola, etcétera).

Lo que debe quedar muy en claro es que la Tierra no puede constituirse en un gran laboratorio de experimentación. El hecho que una parte importante de los cultivos transgénicos no haya producido daños en lo inmediato no habilita a extender la superficie sembrada fuera de los límites razonables, en tanto existen indicios razonables sobre efectos negativos a mediano y largo plazo (Editions de l'Encyclopédie des Nuisances, París, 1999, p. 30).

El hecho de señalar una serie de interrogantes que se abren en el campo de la biología, de la ecología, de la salud humana, del futuro de la agricultura y los cultivos transgénicos, no importa emitir un juicio categórico sobre los eventuales efectos adversos de tales tecnologías, ni dejar de reconocer lo que han significado en la evolución del conocimiento científico.

Simplemente se dirigen a reafirmar la necesidad de aplicar el principio precautorio en toda su extensión y con toda la riqueza que envuelve, procurando generar en la sociedad un debate abierto a fin que las decisiones políticas que se adopten sean transparentes y gocen del necesario consenso, para evitar consecuencias no queridas, de las que tengamos que arrepentirnos en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Academias de Ciencias de Brasil y otras: (<http://www.ibt.unam.mx>).
- Aigle, M.; Chupeau, Y.; Schoonejans, E.: "Les plantes transgéniques, résistantes aux herbicides", en Kahn, A. (edit.): *Les plantes transgéniques en l'agriculture*, John Libbey, edit., París, 1996.
- Alstad, D. N. y D. A. Andow: "Managing the Evolution of insect resistance to transgenic plants", *Science* N° 268, 1995, p. 1894).
- Altieri, M. A. (1998), "Riesgos ambientales de los cultivos transgénicos", *Biodiversidad, sustento y cultivos*, N° 18, diciembre de 1998.
- _____ y Rosset, P.: "La falsa panacea de la biotecnología", en *Este País*, marzo 2001, p. 10.
- Barret, K. and Raffensperger, C.: "From principle to action: applying the precautionary principle to agricultural biotechnology", en *International Journal of Biotechnology*, Vol. 4 N° 1, 2002, p. 4.
- Beck, Ulrich (1998a), *Políticas ecológicas en la edad del riesgo*, El Roure, Barcelona.
- _____ (1998b), *La sociedad del riesgo*, Paidós, Barcelona.
- _____ : "La dinámica política en los conflictos de riesgo", en A. A.: *Tecnología y genética*, edit. Trilce, Montevideo 2000.
- Bestard, J. (1996), en prólogo a Douglas, M.
- Bourg, D. (1999): "Les organismes génétiques modifiés: inquiétude des citoyens, concepts philosophiques et représentation de la nature", en Colloque de la Villette: *L'opinion publique fauce aux plantes transgéniques*, Albi Michel, París.
- Bourg, D.: "Du progres a la précaution", en Zaccai, E. y Missa, J. N.: *Le principe de précaution, significations et conséquences*, edit. Université de Bruxelles, Bruxelles, 2000.
- Bourg, D. y Schlegel, J. L.: *Parer aux risques de demain*, edit. Seuil, París, 2000.
- Boy, L.: "El principio de precaución: de la moral al derecho", en *Mundo Científico* N° 209, 2000, p. 84.

- Brown, K.: "Plantas transgénicas y ecosistemas", en *Investigación y Ciencia* N° 297, junio de 2001, p. 17.
- Capra, F. (1996), *La trama de la vida*, Anagrama, Barcelona.
- Cittadini, R.: "La participación de los consumidores y de los ciudadanos en el debate sobre la producción de organismos transgénicos y derivados", en *Ciencia Hoy*, Vol. 12, N° 67, febrero-marzo 2002.
- Comisión Europea: COM (2000) 1 del 2.2.2000.
- De Souza Silva, J. (1996), "De las plantas medicinales a los productos farmacéuticos, la mercantilización de la Naturaleza", en *Organización Panamericana de la Salud*.
- Douglas, M. (1996), *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*, Paidós, Barcelona.
- Durán, A., y Riechmann, J. (1998), *Genes en el laboratorio y en la fábrica*, Trotta, Madrid.
- Editions de l' Encyclopédie des Nuisances (1999), *Risques sur l'agriculture génétiquement modifiée et les dégradations des especes*.
- Ewald, F. (1997), "Le retour du malin génie. Esquisse d'une philosophie de la précaution", en Godard.
- Fendstadt, J.E. (1998), "¿Es previsible el comportamiento de la Naturaleza?", *Correo de la UNESCO*, mayo de 1998.
- Futuyma, D. J. (1997), *Biología evolutiva*, SBG y CNP, 2ª edición, Río de Janeiro.
- García Olmedo, F.: *La tercera revolución verde*, edit. Debate, Madrid, 1998.
- Gilbert, C.: "La précaution dans l'empire du milieu", en Godard, O., 1997.
- Godard, O. (1997), *Le principe de précaution*, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), París.
- Goffi, Y.: "Le principe de précaution: un moment nouveau dans la philosophie de la technique?", en Zaccai, E. et Missa, J. N.: *Le principe de précaution*, edit. de l'Université de Bruxelles, Bruxelles 2000.
- Hermitte M. A. (1997) "Le principe de précaution a la lumière de la transfusion sanguine en France", en Godard.
- Hermitte, M. A., y Noiville, C. (1993), "La dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement, une première application du principe de prudence", *RJE*, 3-1993.
- Hiddens, A. y otros (1996), *Las consecuencias perversas de la modernidad*, Anthropos, Barcelona.
- Hottois, G. (1997), "Biodiversité et technocosme", en Parizeau, M. H.
- Hubbard, R. (1999), *Gene-Watch*, Vol. 12, N° 5, octubre de 1999.
- Iañez Pareja, E.: "Debates científicos sobre la seguridad de las plantas transgénicas", en Ferrer, J. J. y Martínez, J. L. (eds) *Bioética: un diálogo plural*, edit. Comillas, Madrid, 2002.
- I.T.D.G. (1994), *Cultivando diversidad*, Lima.
- Jonas, H.: *El principio de responsabilidad*, edit. Herder, Barcelona 1993.
- Kahn, A., (1996), *Société et revolution biologique*, INRA, París.
- _____: "Evaluation du risque et de dissémination volontaire des plantes transgéniques: l'expérience française", en Kahn, A. (edit), *Les plantes transgéniques en l'agriculture*, John Libbey, edit., Paris 1996.
- Kourilsky – Viney: *Le principe de précaution*, edit. Odile Jacob, París, 2000.
- Lacadena, J. R., (1998), "Plantas y alimentos transgénicos", *Revista de la Sociedad Internacional de Bioética*, N° 1.

- Lacadena, J. R.: *Genética y bioética*, edit. Comillas, Madrid, 2002, p. 432.
- Lannoye, P. (1998), *Transgenique: les temps de manipulation*, Friso-Roche, París.
- Lascoune, P. (1997), “La précaution un nouveau standard de jugement”, *Esprit*, noviembre de 1997.
- Lecomté, F. –Del Pessel et P. Gouyon (1998): “Plantes transgéniques: les preuves du risque...”, en *POUR*, N° 159, set. 1998.
- Lepegue, C. et Guery, F. (2001): *La politique du précaution*, edit. PUF, París.
- Le Deaut, M.J. (1998), *Rapport sur: de la connaissance des genes a leur utilisation*, Assemblée Nationale, N° 1054, tomo I, París.
- López Cerezo, J.A. y Luján, J. L.: *Ciencia y política del riesgo*, Alianza edit., Madrid, 2000.
- Luhmann, N. (1996) “El concepto de riesgo”, en Hiddens, A.
- MacLean, D. (1996), citado en Douglas, M.
- Marchant, G.H.: “Biotechnology and the precautionary principle: right question, wrong answer”, en *International Journal of Biotechnology*, Vol. 4, N° 1, 2002, p. 34.
- Martin, G.: “Responsabilité, risque et précaution”, en Michaud, J.: *Qu'est-ce que les technologies*, Odile Jacob, París, 2001.
- Méndez Chang, E.: (1986), *El principio precautorio y su aplicación a los ensayos nucleares subterráneos franceses en el Pacífico*, edit. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Missa, J.N.: ADN recombinant et bioéthique: une application précoce du principe de précaution”, en Zaccai, E. et Missa, J. N.: *Le principe de précaution*, edit. Université de Bruxelles, Bruxelles, 2000.
- Muñoz, E. (1998), “Nueva biotecnología y sector agropecuario: el reto de las racionalidades contrapuestas”, en Duran, A. y Riechmann, J.
- _____: “Los cultivos transgénicos y su relación con los bienes comunes”, en Palacios, M. (coord), *Bioética 2000*, edit. Nobel, Oviedo, 2000.
- Organización Panamericana de la Salud (1996), *Biodiversidad, biotecnología y desarrollo sostenible en salud y agricultura*, Washington, D. C.
- Panario, D.: “Una perspectiva ambiental de la utilización de vegetales genéticamente modificados en agricultura”, en Marín, M. y otros: *Organismos genéticamente modificados*, edit. Trilce, Montevideo, 2001.
- Parizeau, M. H. (1997), *La biodiversité*, De Boeck-Université, Bruselas.
- Pelt, J. M. (1998), *Plantes et aliments transgéniques*, Fayard, París.
- Pengue, W.A.: *Cultivos transgénicos*, Lugar edit., Buenos Aires, 2000.
- Peñuela Pava, R. (1999), “Las plantas transgénicas: riesgo y asesoría científica”, *Revista Tablero*, N° 60, Bogotá.
- Porcecansky, I.: “Organismos genéticamente modificados: significado y proyección”, en Marín, M. y otros (org.): *Organismos genéticamente modificados*, edit. Trilce, Montevideo, 2001.
- Provanza Lobo, A.: “Impacto de los cultivos transgénicos en los sistemas naturales y agrícolas”, en Ferrer, J. J. y Martín, J. L. (edit) *cit.*, p. 293.
- Riechmann, J.: *Cultivos y plantas transgénicas*, edit. La Catarata, Madrid, 2000.
- Riechmann, J. y Tickner, J. (coord.): *El principio de precaución*, edit. Icaria, Barcelona, 2002.

- Seralini, G. E. (1998), “Risques toxiques et environnementaux liés aux plantes transgéniques produisant au tolérant des pesticides”, en Lannoye, P.
- Seutin, G. (1997), “La diversité en biologie”, en Parizeau, M. H.
- Suzuki, D. y Knudston, P. (1991), Genética. Conflictos entre ingeniería genética y los valores humanos, Tecnos, Madrid.
- Testard, J. (2000), “OGM: no provocar a la naturaleza –el principio de responsabilidad contra los expertos”, Le Monde Diplomatique, septiembre de 2000, Buenos Aires.
- Testard, J.: “Especies transgénicas: ouvrir la boîte de Pandore?”, en *Maniere de voir* N° 38, mars-avril 1998, p. 15.
- Tickner, J. Raffensperger, C. y Myers, N.: “Para aplicar el principio de precaución: un proceso en 6 etapas”, en Riechmann, J. y Tickner, J. (coord): *El principio de precaución*, edit. ICANA, Barcelona, 2002.
- Torres, M. L.: “Organismos genéticamente modificados. Situación en el Ecuador”, en Pfeiffer, M. L. (edit): *Transgénicos, un destino tecnológico para América Latina*, edit. Suárez, Mar del Plata, 2002.
- Torres, M. L. (2000), “Ingeniería genética en especies no humanas”, mimeo, Quito.
- Thuriaux, P.: “Gene flow”, en Kahn, A. (edit): *Les plantes transgéniques en agriculture*, John Libbey, París, 1997.
- Unalkat, P. : “Alubias, genes y temas. La necesidad de precaución”, en *Biotecnología y Derecho*, BBV, Bilbao, 1998.
- Wan-Ho, Mae (1998), “Technologie genetique et ecologie des genes”, en Lannoye, P.
- Zaragoza Barillo, I. (1998), “Biotecnología genética en agricultura y ganadería”, Cátedra Interuniversitaria de Derecho y Genoma Humano: Biotecnología y Derecho, Bilbao-Granada.