

LOS ALIMENTOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS. Perspectivas biológicas, médicas, medioambientales y sociales

En las páginas siguientes se recoge el contenido que desarrollaron los ponentes del Seminario-Debate multidisciplinar, organizado por esta revista, sobre intervenciones los Alimentos Genéticamente Modificados, celebrado el pasado 16 de Marzo en la Universidad Autónoma de Madrid. El texto corresponde fundamentalmente al contenido íntegro de las intervenciones de tales ponentes, así como también al de algunos otros participantes que intervinieron en dicho debate.

Los citados ponentes fueron (por orden de intervención): D. José Fernández Piqueras (Catedrático de Genética. UAM); D. José Miguel Martínez Zapater (Centro Nacional de Biotecnología); D. Antonio Jiménez Martínez (Centro de Biología Molecular); Dña. Elisa Barahona Nieto (Ministerio de Medio Ambiente); D. Emilio Muñoz Ruiz (Sociología de la Ciencia. CSIC); D. Rafael Urrialde de Andrés (Unión de Consumidores de España); D. Gregorio Alvaro Campos (Ecologistas en Acción); El Seminario-Debate fue moderado por D. Jesús Lizcano Alvarez (Director de esta revista, y Catedrático de la UAM).

Jesús Lizcano (Moderador):

Buenos días; en primer lugar, quisiera agradecerles su presencia en este *Seminario-debate multidisciplinar*, que es el primero de una serie de Seminarios que tiene como finalidad presentar y debatir temas de interés social, desde distintos puntos de vista y perspectivas, e incluso desde distintas áreas o disciplinas. Hay una serie de temas que se debatirán en otros sucesivos Seminarios, y que quizás ustedes conozcan, si han visto el Programa que se ha distribuido, como son: *Viabilidad de las nuevas energías; La Ciencia y las Religiones; Las Teorías del Caos y los sistemas complejos; La Estabilidad demográfica y los recursos naturales en el planeta*, etc.

En este contexto y objetivos multidisciplinarios, nos vamos a centrar hoy en el tema de los *Alimentos genéticamente modificados*. Como verán en el Programa, hay una serie muy cualificada de ponentes que van a intervenir durante el tiempo que va a durar el Seminario, desde este momento hasta aproximadamente las dos de la tarde. Va a haber dos turnos de ponencias, si bien no se trata simplemente de un Seminario para la exposición de temas, sino un *Seminario-debate*, es decir, al cabo de aproximadamente los quince minutos que va a tener cada ponente en presentar su disertación, su planteamiento y su exposición sobre los temas, vamos a abrir turnos de debates para que las personas que lo deseen puedan intervenir sobre lo que se ha dicho los ponentes correspondientes, o simplemente para dar su opinión y añadir nuevas perspectivas a este importante tema social.

Les comunico que los contenidos de estos Seminarios, se van a ir publicando en la revista *Encuentros Multidisciplinares*, revista que organiza, además de estos Seminarios, algunas otras iniciativas de investigación multidisciplinar.

De los siete ponentes que van a intervenir, van a hacerlo en la primera parte: *D. José Fernández Piqueras*, que es Catedrático de Genética en esta Universidad. Después intervendrá *D. José Miguel*

Martínez Zapater, del Centro Nacional de Biotecnología. A continuación intervendrá *D. Antonio Jiménez Martínez*, del Centro de Biología Molecular, y posteriormente lo hará *Dña. Elisa Barahona*, del Ministerio de Medio Ambiente. Después de esto haremos un descanso, si bien entre medias se podrán ir realizando todas las intervenciones que se deseen, para apostillar o enriquecer las intervenciones. Después del descanso tendrá lugar la intervención de los tres siguientes ponentes: *D. Gregorio Alvaro*, de Ecologistas en Acción, *D. Emilio Muñoz*, que es Sociólogo de la Ciencia, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, así como *D. Rafael Urrialde*, de la Unión de Consumidores de España.



Imagen de los asistentes al Seminario-Debate multidisciplinar sobre Alimentos Genéticamente Modificados, el pasado 16 de Marzo, en el Salón de Actos del Rectorado de la Universidad Autónoma de Madrid

Pasamos a continuación al desarrollo propiamente dicho del Seminario. Según lo señalado va a intervenir, en primer lugar, **D. José Fernández Piqueras**, Catedrático de Genética de esta Universidad, en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias; entre sus muy diversos trabajos actuales de investigación, cabe destacar que se encuentra trabajando en un modelo animal de aislamiento y caracterización de genes implicados en linfomas, y lo hace en colaboración con el Instituto Pasteur (París), y con colegas de otros diversos países.

José Fernández Piqueras:

Buenos días a todos, ante todo muchas gracias a los compañeros que me habéis invitado a este Seminario. En este tiempo de exposición breve, quizá se me note que estoy razonablemente a favor de las nuevas tecnologías, con todas las precauciones y prevenciones que haya que considerar.

En primer lugar, quisiera decir que parece más correcto hablar de *organismos modificados genéticamente* y no de *alimentos transgénicos*. Les podría citar algunos casos clarificadores a este respecto. Por ejemplo, se puede hablar de un *olivo* modificado genéticamente, pero el aceite, que es en

suma el alimento, es un lípido y las modificaciones introducidas en el DNA del olivo habrían quedado, en cualquier caso, en la prensa. Por consiguiente el aceite de un olivo modificado genéticamente sería absolutamente inocuo. En otros casos, como en los tomates de maduración retrasada, las modificaciones genéticas afectan a genes endógenos, y no se llega a introducir siquiera un gen foráneo y por consiguiente tampoco se puede hablar de un alimento transgénico. Es decir, con este y otros muchos ejemplos, parece más correcto hablar de *Organismos modificados genéticamente y de alimentos derivados de estos organismos*.

Pero la modificación de los organismos con fines alimenticios no es algo reciente. Por eso voy a intentar relatar brevemente la historia de la modificación de organismos utilizados en alimentación que, lógicamente, está íntimamente relacionada con el origen y la evolución de la agricultura y la ganadería.



D. José Fernández Piqueras

Existen la *Agricultura* y la *Ganadería* porque el hombre dejó de ser cazador-recolector y consiguió “domesticar” plantas y animales, seleccionando de manera intuitiva variantes genéticas capaces de amoldarse al ambiente particular de los cultivos. En la Agricultura tradicional la domesticación se basaba en la adaptación a ambientes diversos por colonización y selección y la gran finalidad era evitar el hambre (no producir excedentes). Con el descubrimiento de la reproducción sexual en plantas, y el diseño de cruzamientos entre variedades, los agrónomos ingleses de finales del siglo XVIII crearon la Agricultura científica. Se comienza a estudiar la base genética de la herencia y, a finales del siglo XIX, con los trabajos de Mendel, o si se prefiere a comienzos del siglo XX con su redescubrimiento, se inicia un desarrollo espectacular de la Mejora Genética. Se incorporan técnicas tan importantes como la inducción de mutaciones para crear nuevas variedades que no estaba ofreciendo la Naturaleza. Se introduce el término “cultivar”. Se intensifica la aclimatación de plantas exóticas, la selección de nuevas variedades. Se separan Agricultor y Mejorador. Aparecen las primeras casas comerciales productoras de semillas de siembra. Tras la última Guerra Mundial se plantea una Agricultura de altos rendimientos, y se produce una invasión de variedades que no están seleccionadas *in situ*, con el consiguiente barrido de las autóctonas. Con la llamada *Agricultura Industrial* se modificaron las técnicas de cultivo, se eligieron especies y variedades aptas para el monocultivo, adaptándolas a ambientes artificiales producidos por el uso de abonos, plaguicidas, herbicidas etc., produciéndose una total independencia de la planta respecto al suelo natural. Son los procedimientos que se consideraban más apropiados para una industria transformadora de alimentos.

A mediados de los años setenta, el desarrollo de la llamada *Ingeniería Genética* permite un avance espectacular en las posibilidades de modificación genética de cara a la mejora, porque ahora se hacía posible transferir o modificar genes concretos salvando las barreras de la reproducción sexual, hacer diseños a la carta, sin esperar los tiempos “generacionales” que exigían las técnicas tradicionales ni la aleatoriedad de la mutagénesis. La importancia de estos avances era trascendental en Medicina y Agricultura. Pero empiezan a surgir inconvenientes de carácter “psicológico” más que científicos-técnicos. Se fomentan sentimientos que llevan a desear que lo que no haya creado la Naturaleza no debe ser intentado por el hombre, entrando en franca contradicción con lo que el hombre venía haciendo desde siempre con animales domesticados y plantas cultivadas.

Con la *Ingeniería Genética* es posible cortar un trozo del genoma (que puede ser un gen concreto) de una especie (donadora) y transferirlo (injertarlo) en el genoma de otra especie (receptora) completamente diferente, donde puede reproducirse (clonar) o expresarse dando lugar a una proteína completamente similar a la producida en la especie de origen. De esta forma, si se descubría por ejemplo un gen de resistencia a un herbicida en una bacteria se podía identificar el gen e insertarlo en el genoma de una planta de interés económico, que adquiriría el carácter resistencia y lo transmitiría a su descendencia.

Las posibilidades técnicas de esta nueva tecnología se pueden resumir en:

1. *Clonación*: obtener un gran número de copias de un gen para el estudio de su función.
2. *Obtención de organismos transgénicos*: incorporar un gen foráneo en una especie receptora de manera estable y en condiciones funcionales.
3. *Cambiar un gen defectuoso* por otro sano o de mejor funcionamiento (*cirugía genética o terapia génica*)
4. *Obtención industrial de sustancias* de difícil o imposible extracción por otros métodos: fármacos como la insulina humana, hormona del crecimiento etc.
5. *Clonación de organismos*: obtención de organismos genéticamente idénticos mediante trasplantes nucleares a partir incluso de las células diferenciadas de un organismo adulto (recuérdese el caso de la oveja “Dolly”).

En cuanto a la polémica sobre las plantas transgénicas, habría que decir que desde el anuncio de las posibilidades de transferencia del material genético entre especies completamente distintas, se empezó ya a hablar de las consecuencias indeseables de los nuevos métodos. Al principio la advertencia se centraba en la producción de cepas bacterianas a las que se les hubieran transferido genes humanos presumiblemente implicados en el desarrollo del cáncer. Se decía que las bacterias transgénicas (cepas de *E. coli* que habitan normalmente en nuestro intestino) podrían escaparse del laboratorio, instalarse y multiplicarse en el intestino humano, pasar su DNA al torrente circulatorio humano, entrar en alguna célula, integrarse en el genoma de alguna célula y provocar el cáncer. Pero tal sucesión de acontecimientos constituye un suceso de probabilidad nula. No obstante fueron los propios científicos quienes alertaron a colegas y políticos para que se establecieran las máximas garantías de seguridad. Es evidente que las regulaciones legales no garantizan la solución automática del problema. Por tanto resulta esencial la importancia de la educación y la información sobre los fundamentos metodológicos, y los posibles factores de riesgo.

Cada día es mayor el número de medicinas obtenidas mediante microorganismos, animales e incluso vegetales transgénicos (o modificados por Ingeniería Genética) que se aceptan como una gran solución en el ámbito de la salud, pero hay una fuerte oposición por parte de algunos sectores a la producción de alimentos a partir de organismos transgénicos. El problema de los productos obtenidos de organismos transgénicos radica para muchos en la ingestión de nuevos genes: ¿pero qué peligro puede representar la utilización de ropas fabricados con algodón transgénico resistente a insectos?. El ADN no está en la fibra, que es pura celulosa.

Como ya se apuntó al principio, ¿qué peligro puede tener un aceite obtenido de una planta transgénica? El alimento en cuestión es un lípido, no hay ADN por ningún lado. En otros casos, como los tomates “flavr-savr” de maduración retrasada, la modificación genética consiste en inactivar un gen endógeno (galacturonasa), no en introducir ningún gen nuevo. Finalmente, en el caso de una patata transgénica con un gen de resistencia a insectos procedente de una bacteria, sí se produce la ingestión del DNA de ese nuevo gen, pero ese DNA como todo el de la patata es digerido completamente hasta sus unidades más sencillas los nucleótidos.

Otras críticas vienen del hecho de que la Ingeniería Genética utiliza genes de resistencia a antibióticos, como marcadores de clonación, y hay quien opina que podrían producir fenómenos de resistencia en el hombre, pero además del razonamiento utilizado anteriormente para la patata, la transferencia horizontal de genes es un suceso altísimamente improbable. No se debe olvidar, por otro lado, que estamos ingiriendo constantemente bacterias al respirar el aire, con las bebidas, y al ingerir los alimentos convencionales, y muchas de esas bacterias son resistentes a algún antibiótico. Por otro lado, los dos antibióticos más utilizados son la kanamicina y la ampicilina: la kanamicina no tienen ninguna relación con el hombre (no se utiliza contra ningún microorganismo); la ampicilina sí, pero si se diera el caso de una bacteria intestinal (*E. coli*) que adquiriera este gen de resistencia, la bacteria no tendría ninguna ventaja sobre las demás a menos que estuviese sometida a la presión constante del antibiótico. El problema de los antibióticos no está en la Ingeniería Genética o en los organismos modificados por ella, sino en los abusos de los tratamientos masivos e indiscriminados en medicina. No obstante se están desarrollando marcadores diferentes basados en la emisión de señales fluorescentes, reacciones colorimétricas, o en la utilización de mutantes auxotróficos.

En lo referente al impacto ambiental de los herbicidas y plaguicidas, se ha llegado a comentar que con la siembra de variedades transgénicas resistentes a herbicidas el agricultor emplearía dosis más elevadas de productos químicos contaminantes con los consiguientes efectos nocivos para la tierra. Pero para eso no hace falta que se trate de variedades transgénicas: recuérdese el caso reciente de los pimientos españoles rechazados en algunos países de nuestro entorno. No es un problema del organismo transgénico, sino de la técnica agrícola o del agricultor que la aplica.

Cuando se trata de la incorporación de un gen de resistencia, se habla del problema del escape de estos genes, produciendo una ventaja selectiva en las plantas que lo recibieran, con su consiguiente difusión en las poblaciones naturales y la modificación de la estructura ecológica de regiones enteras (escenario apocalíptico). Pero este escape tendría que producirse mediante cruzamientos espontáneos con especies silvestres emparentadas con la cultivada que habitasen en las proximidades del cultivo. De esta forma el maíz, el algodón, el girasol, el tomate y el pimiento no podrían liberar genes en Europa; el trigo y la cebada sólo podrían liberar genes en Oriente próximo; la colza y la remolacha sólo en la Europa Atlántica, etc. Por otra parte, la planta silvestre que hubiese recibido el gen de resistencia sólo podría tener ventaja selectiva sobre sus formas naturales en presencia del herbicida o de los insectos responsables de la plaga. Todas estas consideraciones hacen pensar que cada caso (cultivo de una planta transgénica) debería ser considerado individualmente, y que no tiene sentido una oposición global al cultivo de plantas transgénicas. El auténtico impacto ambiental no está aquí, sino en cuestiones tan relevantes como la deforestación, el abuso de abonos, de plaguicidas etc.

Un inconveniente de las nuevas prácticas de mejora genética es la tendencia a la uniformidad genética y el olvido de variedades naturales (con la tremenda riqueza de variedades adaptadas a diferentes ambientes y condiciones que existe en la Naturaleza). Sería por tanto deseable un esfuerzo encaminado a la conservación de los recursos fitogenéticos y la diversidad biológica existente. En este sentido, las nuevas técnicas de clonación en animales (ya que en las plantas hay una buena capacidad regenerativa) podrían llegar a constituir incluso una esperanza para la conservación de la diversidad biológica actual.

Me voy a referir ahora a los alimentos obtenidos a partir de organismos modificados genéticamente mediante ingeniería genética, esto es, a los nuevos alimentos; como se ha indicado, no hay un organismo vivo animal o vegetal que sea fuente de nuestra alimentación y que no haya sido modificado genéticamente (la inmensa mayoría mediante técnicas convencionales). Los productos de la llamada *agricultura biológica o ecológica* tampoco son productos “naturales”. Proceden de variedades y razas modificadas genéticamente. Pero se está dando la circunstancia de que estos productos que se ofrecen por más sanos sufren menos controles que los mal llamados transgénicos.

Los *alimentos derivados de organismos modificados genéticamente* mediante *Ingeniería Genética* suelen llamarse “*alimentos transgénicos*” o “*alimentos modificados genéticamente*”, pero estas denominaciones no son las más adecuadas. En primer lugar, porque todas las especies cultivadas han sido modificadas genéticamente. En segundo lugar, porque las modificaciones genéticas no consisten siempre en introducir genes foráneos (véase por ejemplo el caso de los tomates de maduración retardada). En tercer lugar, porque algunos alimentos, ni siquiera contienen DNA. Sería más apropiado hablar de “*nuevos alimentos*”, como se viene haciendo en los países de nuestro entorno.

Las mayores objeciones a la utilización de estos nuevos alimentos están relacionadas con los riesgos de producir resistencia a antibióticos, procesos alérgicos, y con la alteración del equilibrio de la Naturaleza. Sin embargo estos miedos no se sustentan casi nunca en razonamientos científicos rigurosos. El planteamiento de oposición frontal generalizada está haciendo daño a algunos movimientos ecologistas. Nadie en toda la comunidad científica duda que deben existir los mayores controles en el diseño y elaboración de los alimentos, y que todos los alimentos, pero no sólo los de última generación, deberían pasar controles exhaustivos antes de su incorporación al mercado. Pero las ventajas que ofrece la Ingeniería Genética para la mejora genética animal y vegetal son indudables.

El problema no está en la *Nueva Biotecnología*, o en los organismos modificados genéticamente, sino en lo que el hombre construye a su alrededor para crear una Agricultura industrial *excedentaria y monetarista*. Como muy bien apunta el Dr. José Ignacio Cubero en un libro reciente, *Introducción a la Mejora Genética Vegetal*, publicado por Mundi-Prensa, en 1999, del que he tomado más de una nota para componer este artículo, sería deseable una Agricultura, que manteniendo el objetivo de la productividad, evitara la uniformidad genética de los cultivos, optara por su diversificación, el empleo de rotaciones, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, y la producción de nuevas variedades capaces de utilizar mejor el agua y los nutrientes. Nada más, muchas gracias.

Jesús Lizcano: Bien, si les parece, abrimos un pequeño debate tras la intervención de José Fernández Piqueras.

Gregorio Álvaro: Simplemente quería comentar lo del aceite de oliva que ha comentado José Fernández Piqueras; el aceite, en principio, es exactamente igual que el aceite de un olivo transgénico. En Estados Unidos, en el año 1987, se estaba fabricando triptófano a partir primer de una bacteria no modificada genéticamente, luego se introdujo unos genes de la misma bacteria para producir este triptófano; el triptófano que producía la bacteria modificada genéticamente era el mismo exactamente, porque es un aminoácido, pero la bacteria producía otras sustancias también. Como consecuencia de éso hubo 35 muertos y 1.500 hospitalizados. Cuando una sustancia se dice que es exactamente la misma, estamos hablando del 100% de pureza, pero los compuestos que llegan al consumidor no son del 100% de pureza, es decir, llevan algunas impurezas que pueden ser distintas o pueden cambiar las propiedades nutritivas.

Quiero hacer también algún comentario sobre la transgénesis; por medio de la ingeniería genética es lo mismo que se ha estado haciendo siempre, yo creo que ésto no es así, puesto que se están rompiendo barreras entre especies y genes; de un pez ártico nunca se podría pasar a las fresas, esto es prácticamente imposible. La mejora clásica de especies, supone que las especies estén muy emparentadas evolutivamente porque si no esto no es posible.

Y luego está el problema de la ingestión de genes que aquí se planteaba, que el problema radica en la ingestión de genes. Yo la verdad es que no se lo he oído a ningún opositor, porque todos los alimentos que comemos tienen genes y a ningún opositor a esto le he oído decir que el problema es la ingestión de genes; los problemas para la salud son otros diferentes como: la resistencia a antibióticos, como puedan ser sustancias alergénicas, etc. pero el problema de ingerir genes no se ha planteado nunca.

Sólo un apunte sobre el hecho de que la clonación de especies pueda servir para especies en extinción. El problema de las especies en extinción es que se están destruyendo los hábitats donde estas especies existen, y recuperar a través de un individuo una especie, no vale para nada, porque el hábitat está destruido y aparte que los obtendríamos por clonación muchos individuos iguales, y eso no serviría para que esa especie luego se desarrollara. Desde un punto de vista de recuperar una especie, la clonación vale poco. Gracias.

Réplica de José Fernández Piqueras: Con respecto al olivo, no sé si se están utilizando ya olivos modificados genéticamente, pero este podría ser el caso de la soja, y el de cualquier otro tipo de alimentos lipídicos. En cualquier caso, estoy completamente de acuerdo en que el hecho de que se produzca un olivo resistente a un herbicida, y que eso favorezca la producción de aceite, no quiere decir que el aceite no haya de ser analizado, que no se deba hacer una analítica sofisticada y completa que descubra si hay una contaminación. No estoy hablando de esto, me refiero a que en la mayor parte de los casos los problemas no están en la generación de un nuevo producto. Las razones del rechazo de los pimientos españoles, que han sido negados en Portugal y en otros países de la Unión Europea, están en la concentración de plaguicidas, y por tanto, es un problema de técnica agrícola, de un agricultor mal informado, porque el uso masivo de plaguicidas se está volviendo en contra de su propio cultivo.

Con respecto a la ingestión de los genes, es evidente que la ingeniería genética no es el procedimiento de modificación genética tradicional; he distinguido los diferentes procedimientos: antes, las modificaciones se hacían mediante selección, cruzamientos, transfiriendo cromosomas completos o bien duplicando genomas, y normalmente dentro de ámbito de la especie, (a veces entre especies emparentadas, por aquello de que la especie biológica no coincide necesariamente con lo que es la especie taxonómica). La Ingeniería Genética ha permitido que se puedan saltar todas esas barreras. Pero el trasvase de genes entre especies muy diferentes ha permitido, por ejemplo, la síntesis de insulina humana en una bacteria. Y eso no tiene por que ser intrínsecamente malo. Por otra parte, la prevención que usted tiene con respecto al daño al hábitat natural, podría tener su contrapartida. Las técnicas de clonación de organismos que antes mencionaba, podrían ser una solución para mantener la biodiversidad al evitar la desaparición de organismos en vías de extinción. Por otro lado es claro que soy partidario de que hay que dejar que la naturaleza genere sus propias variedades, y que esos recursos naturales sean aprovechados. Pero si en un momento determinado el hombre necesitó desarrollar la agricultura, es porque la naturaleza como tal no le servía, tenía que domesticarla, y esa domesticación supone necesariamente la modificación genética. Domesticar la Naturaleza es domesticarla genéticamente. Y eso es así desde hace 100.000 años.

Con respecto a problemática de los hábitats y su modificación, la discusión podría ser más profunda, pero sólo apuntar brevemente que para que se modifique el hábitat en torno a un cultivo de plantas transgénicas, es sabido que tiene que haber alrededor plantas que estén emparentadas, que pertenezcan a la misma especie, para que pueda haber cruzamientos, son las malas hierbas de los cultivos que se conocen desde siempre, pero que yo sepa, la mayoría de las especies cultivadas, maíz, algodón, etc. en España no tienen a otros miembros silvestres de sus mismas especies a su alrededor, y por consiguiente de modo natural no se podrían transferir genes a las poblaciones naturales del contorno.

Y en los casos donde haya miembros silvestres de la misma especie alrededor, habría que discutir caso por caso. Vuelvo a decir que yo no soy partidario de un uso indiscriminado de las modificaciones genéticas, lo que sí soy contrario, es a la oposición sistemática e indocumentada a estas prácticas. En el caso de la soja y la remolacha, hay algunos estudios donde se ha comprobado una migración de genes de especie cultivada a especies emparentadas de 50 metros. Porque entre otras cosas, si usted genera una soja resistente por ejemplo a un herbicida, la ventaja que puede transferir es la resistencia a ese herbicida, y esa ventaja selectiva sólo operaría si está presente el herbicida, y se tendría que estar distribuyendo ese herbicida por todo el mundo para que esas plantas resistentes prosperasen. Si no es así, las plantas modificadas lo que tienen es una mayor carga genética, que supone a la postre una desventaja evolutiva con respecto a lo demás, es decir, sería muy discutible y en todo caso habría que analizar, caso por caso, la situación.

Podría estar totalmente de acuerdo con usted en que en un momento determinado, no convendría fabricar tal tipo de organismo transgénico para derivar un alimento, porque ya existe un alimento natural que nos proporciona lo mismo. Una vez pasada la barrera fundamental (que el nuevo alimento aporte algún beneficio claro para alimentación de la humanidad) entonces se deberían tomar todas las precauciones posibles analizando los nuevos organismos y alimentos con todos los conocimientos científicos disponibles. Sólo después de todo esto se aconsejaría o no sembrar una soja transgénica en un sitio determinado, o un maíz transgénico en alguna parte de América, etc. Pero todo esto es una discusión que podemos seguir teniendo.

Jesús Lizcano: Pasamos a continuación a la segunda intervención o ponencia del Seminario, que es la que va a desarrollar **D. José Miguel Martínez Zapater**, que desempeña sus tareas en el Centro Nacional de Biotecnología, y quien lleva muchos años investigando en estos temas, habiendo trabajado además en el Departamento de Genética de esta Universidad, y en el Centro de Investigación y Tecnología del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Tiene un muy amplio número de publicaciones en las materias que abordamos en este Seminario.

José Miguel Martínez Zapater:

Lo primero, quiero agradecer a los organizadores del Seminario la posibilidad que me han dado de participar en este foro. Quiero comentar, en primer lugar, que mi participación aquí es como científico en el área de la Biología Molecular de plantas. Yo trabajo en un laboratorio de investigación básica en el que no hacemos plantas transgénicas de especies de cultivo. Trabajamos con sistemas modelo concretamente con la especie *Arabidopsis thaliana* y estamos interesados en conocer la función de algunos de los genes que regulan aspectos básicos del desarrollo de la planta y, concretamente, el tiempo de floración.

Normalmente en nuestro trabajo de investigación construimos plantas transgénicas para, modificando la expresión de determinados genes, conocer cuál es su papel en el desarrollo. También hemos participado y participamos con otros grupos de investigación españoles de Centros Públicos de Investigación en la producción de plantas transgénicas que puedan tener nuevas características de desarrollo del fruto o nuevas características de floración. De esta manera, en colaboración con grupos de Valencia, de Almería, de Barcelona, hemos generado tomates transgénicos que tienen nuevas características en el fruto o naranjos transgénicos de floración muy temprana. Son cosas que de momento están por publicar, pero quiero transmitir con ello que los resultados de nuestra investigación llegan al campo de las plantas cultivadas, aunque nosotros no trabajemos con ellas.

Mi interés en este foro es preservar la seriedad de la discusión científica, y transmitir algunos conocimientos básicos. Después de la introducción que ha hecho el Dr. Piqueras, yo me voy a centrar especialmente en las plantas transgénicas y en las aplicaciones que la nueva biotecnología o la ingeniería genética tiene y puede tener en el futuro en estas especies.

En los últimos años estamos asistiendo a una situación en que las nuevas variedades vegetales son como los nuevos coches. Hay especies en las que cada año aparecen nuevas variedades porque constantemente el mejorador ha de dar respuesta a las nuevas enfermedades y plagas que aparecen. Hace unos años teníamos un problema del virus de la cuchara en el tomate, un problema que ahora mismo se está consiguiendo solucionar con genes de resistencia naturales, también con estrategias de ingeniería genética, pero recientemente ha aparecido una nueva enfermedad del cultivo del tomate, cuya patología todavía se desconoce. Esto ocurre constantemente, es la vida del mejorador de nuevas variedades. No solamente necesitamos eso, sino que si queremos mantener la producción, tenemos que desarrollar variedades que toleren mejor determinadas condiciones ambientales como la salinización o la sequía y, por supuesto, atender nuevas exigencias por parte del distribuidor, por parte del consumidor y todos vemos como el abanico de variedades, cuando vamos a la frutería o al mercado, va cambiando drásticamente.



D. José Miguel Martínez Zapater

Si estos son ejemplos de motivos específicos que justifican la necesidad de nuevas variedades, recientemente se está empezando a contemplar otras cuestiones como la reducción del impacto ambiental, la productividad más que la producción, es decir conseguir aumentar la producción por hectárea y por supuesto se está empezando a buscar en las plantas, las posibilidades de nuevos usos que sustituyan los recursos que ahora mismo utilizamos como fuente de materia y de energía que no son recursos renovables.

Dentro de este marco, nos podemos plantear cuál es la necesidad de las plantas transgénicas como pregunta general o por qué necesitamos introducir esta nueva tecnología de la ingeniería genética dentro de lo que es el desarrollo rápido de variedades. Hay tres aportaciones importantes de la ingeniería genética a las tecnologías de mejora genética clásica. Estos tres aspectos son:

- La rapidez del proceso de mejora. Pensemos que generar una nueva variedad introduciendo una característica monogénica en esta variedad a partir de una especie silvestre con la que puede cruzarse o a partir de otra variedad, son años de trabajo para el mejorador, puesto que una vez introducida esta característica en un cruzamiento, ha de obtener un genotipo lo más próximo a la variedad original que interesa al consumidor y que adquiere de esta manera esta nueva resistencia. Ese proceso puede llevar entre seis y ocho años. Mediante ingeniería

genética estos tiempos se pueden reducir a una tercera parte. Es decir, se puede introducir el gen e identificar qué individuos tienen mejor expresión del carácter. Hay que decir aquí que este gen puede integrarse en sitios muy diversos del genoma y en algunos casos puede no tener una expresión fenotípica adecuada o puede afectar a las funciones de algún gen endógeno. Sin embargo, el mejorador tiene la capacidad de seleccionar cuáles de las plantas transgénicas presentan una mejor característica fenotípica, de acuerdo a lo que está buscando y eliminar el resto.

- Ampliación de la variabilidad disponible para el mejorador. Normalmente un mejorador trabaja con la variabilidad que existe en la especie de cultivo y las especies silvestres que pueden cruzarse con ella. El mejorador que utiliza técnicas de ingeniería genética, tiene disponible, en teoría, todos los genes de todos los organismos vivos para el desarrollo de nuevas variedades. Lógicamente no los va a utilizar indiscriminadamente, porque eso sí es también cierto, la ingeniería genética es un proceso absolutamente controlado. En este caso, el mejorador necesita saber cuál es la función de cada gen, qué nuevo aspecto fenotípico va a conferir esa secuencia a su planta de cultivo y por lo tanto no puede utilizar indiscriminadamente todos los genes.
- Posibilidad de control de proceso de transferencia génica. El proceso de ingeniería genética de una nueva variedad está mucho más controlado que el proceso de mejora genética clásica. Esto puede verse fácilmente con un ejemplo. La introducción de un nuevo carácter monogénico en una variedad por técnicas convencionales de cruzamiento y selección y posteriores retrocruzamientos, conlleva a que la variedad final pueda contener entre 50 y 150 genes adicionales a aquel que confiere la característica fenotípica de interés. De estos genes adicionales el mejorador no conoce nada sobre cuáles son sus productos génicos y cómo afectan al fenotipo. Sabe que no le afectan de manera negativa para sus objetivos de mejora, pero nada más.

En el caso de la ingeniería genética, se introduce el gen que se sabe que produce un efecto fenotípico, se conoce cuál es el producto proteico de la expresión de ese gen y se conoce la función molecular de esta proteína. Efectivamente se introducen también junto con este gen otros genes, uno o dos también perfectamente conocidos en su secuencia, en el origen de esa secuencia, y en las funciones que realizan. Estos genes tienen una función de marcadores selectivos que permiten seleccionar aquellas plantas que han incorporado esas secuencias nuevas. En muchos casos confieren resistencia a antibióticos, dado que es lo más sencillo de utilizar. Se ha comentado repetidamente en los medios de comunicación que el uso de estos genes podría crear resistencias en los organismos del tracto digestivo.

Sin embargo, es importante considerar que microorganismos con estas mismas resistencias a antibióticos están en el ambiente y que todos los días tragamos más de un millón de estas bacterias con genes de resistencia a la kanamicina, que es el antibiótico que se utiliza más frecuentemente. En cualquier caso, como se ha comentado previamente, la probabilidad de que esos genes consumidos se incorporen a una bacteria intestinal es nula y en cualquier caso, es un problema que está prácticamente resuelto por múltiples vías, que utilizan nuevos marcadores selectivos que no confieren resistencia a antibióticos.

Estas posibilidades de la ingeniería genética ¿en qué se están plasmando?. Ahora mismo podemos hablar de tres grandes áreas de aplicación: El primer área de aplicación, en la que hasta el momento se ha incidido más, es la de la mejora de los caracteres productivos. Probablemente por el propio sistema de producción de nuevas variedades. Todos sabemos que fundamentalmente son grandes compañías multinacionales las que producen las variedades de la mayor parte de los cultivos y esto es tanto para las variedades transgénicas como para las no transgénicas. Lógicamente a estas

compañías cuyo consumidor directo es el agricultor, lo que les interesa es ofrecer al agricultor nuevas variedades que sean más productivas y que produzcan con menor coste de producción.

De hecho, las variedades que han llegado inicialmente al mercado, son variedades que presentan resistencia a plagas, las famosas variedades Bt de maíz o de algodón. Estas variedades son resistentes a larvas de lepidópteros que se denominan generalmente *taladros* porque perforan las plantas parasitadas. La resistencia se basa en la expresión de una proteína con efectos tóxicos que procede de una bacteria, *Bacillus thuringiensis* ampliamente utilizada en agricultura biológica como un tratamiento natural contra estas plagas. Esta proteína es muy específica en su toxicidad para determinados grupos de insectos como lepidópteros o coleópteros y el gen que codifica para esa proteína copiado de la bacteria e introducido en plantas confiere ahora resistencia a la planta sin necesidad de fumigar las plantas con ella.

Igualmente, existen también en el mercado variedades de maíz, de colza, de soja o de otros cultivos extensivos resistentes a herbicidas en lo que representa un claro ejemplo de cómo la ingeniería genética puede propiciar una agricultura más científica y más segura. Pensemos por un momento, y esto es algo que muchas veces no se dice, que los herbicidas son de uso común en los cultivos que no son transgénicos, por supuesto, y que la selección de moléculas con actividad herbicida ha sido hasta hace pocos años un problema fundamental para la industria química.

La industria química ha tenido que identificar moléculas con una alta capacidad selectiva, que sean capaces de inhibir el desarrollo de las plantas competidoras, de las malas hierbas, y no inhiban el desarrollo del cultivo. Hay que tener en cuenta que muchas veces las malas hierbas que acompañan al cultivo, son malas hierbas de la misma familia botánica a la que pertenece la especie de cultivo. Esto supone que hay que buscar moléculas muy selectivas, y éste era el primer objetivo de la industria química.

El segundo objetivo antes de la utilización de estas moléculas es la reducción de su toxicidad y la reducción de su permanencia en campo. Pero lo primero era buscar una molécula selectiva. Esta aproximación para el desarrollo de nuevos herbicidas ha cambiado radicalmente dado que ahora puede hacerse al revés, identificar las moléculas que provoquen un menor impacto ambiental y desarrollar las variedades resistentes al herbicida mediante ingeniería genética. La posibilidad de contar con una estrategia de ingeniería genética cambia radicalmente el planteamiento de la industria agroquímica en lo que respecta a la producción de nuevos herbicidas.

Por supuesto existen muchas posibilidades para la generación de resistencias a condiciones de estrés ambiental o para reducir la amplia utilización de fertilizantes. Realmente aquí vamos a tener problemas. Existen problemas en la contaminación de acuíferos con nitratos o con fósforo y va a haber problemas también en la disponibilidad de fosfatos dado que se trata de recursos no renovables. Por supuesto podemos hablar de otros ejemplos en la mejora de las características agronómicas de las variedades de cultivos, pero podemos entrar en detalle en el turno de preguntas.

Hay un segundo apartado en el que la ingeniería genética de plantas está incidiendo de manera importante pero de momento hay pocas variedades que llegan a los mercados y desde luego no al mercado europeo. En estas variedades la ingeniería genética se utiliza para mejorar la calidad buscando el interés del procesador, del distribuidor de alimentos o del consumidor. Primero se trata de obtener variedades dirigidas para esas necesidades del procesador del alimento, patatas que al freírlas no se oscurezcan por la presencia excesiva de azúcares solubles; características que interesen al distribuidor, como por ejemplo frutas de larga vida en la estantería y por supuesto también características para el consumidor. Un ejemplo es el tomate *Flavorsaver* que sólo se comercializó en Inglaterra. Hay otros ejemplos que se están analizando en lo que respecta a mejorar las características sensoriales en frutas y concretamente en tomates es un ejemplo clásico, hacer tomates más dulces, hacer tomates con distinto grado de acidez.

La ingeniería genética puede permitir estrategias que la mejora genética clásica tiene muy difícil. Por ejemplo, todos decimos que los tomates cada vez tienen menos sabor y esto ocurre porque el mejorador ha seleccionado frutos grandes de fructificación vigorosa y muy resistentes a plagas y enfermedades, pero no se ha preocupado por el sabor. Cuando se analizan las especies silvestres que por supuesto no se parecen en nada al tomate monstruo que consumimos, el sabor se debe fundamentalmente a la presencia de altos niveles de azúcares y ácidos solubles que se reducen en los frutos grandes. En este caso, la ingeniería genética podría permitir mantener niveles elevados de azúcares y ácidos solubles en los frutos grandes si conocemos el metabolismo y la fisiología de ese fruto y lo modificamos adecuadamente.

Por supuesto, podemos también que aquí hay todavía una nueva avenida de nuevos alimentos, los que se han denominado nuevos alimentos y también alimentos funcionales, desarrollar alimentos con nuevas composiciones. Un ejemplo claro ha sido en los últimos meses el desarrollo de lo que se ha denominado el arroz dorado, por un grupo de investigadores suizos. En este caso se han conseguido nuevas variedades de arroz, dirigidas a las poblaciones que prácticamente se alimentan única y exclusivamente de este cereal lo que les provoca problemas de avitaminosis y de anemias por el escaso contenido en provitamina A de este cereal y su elevado contenido en fitatos que secuestran el hierro. Estos investigadores han generado una variedad de arroz en la que se aumenta el contenido de provitamina A, se aumenta el contenido de proteínas que ligan hierro, ferritinas, y se disminuye el contenido en fitatos. Se trata además de un procedimiento libre de patentes, es decir de libre disposición y representa un buen ejemplo de lo que se puede conseguir con esta tecnología.

Por supuesto hay todas unas futuras posibilidades basadas en considerar las plantas como biorreactores. Las plantas utilizan directamente la energía solar. Por tanto si podemos expresar en plantas aquellos genes que son responsables de la síntesis de determinadas moléculas o de la producción de proteínas específicas, tendremos ahí una fábrica para producir a bajo precio estas moléculas. No estamos hablando en la mayor parte de los casos de una nueva agricultura, porque la superficie que se requiere para producir, por ejemplo todo un fármaco para una determinada enfermedad puede ser tan pequeña como una hectárea o dos hectáreas. No es una alternativa a la agricultura que tenemos ahora, es una alternativa a los reactores microbiológicos que se utilizan normalmente. Sí podría haber una agricultura alternativa, cuando lo que se requiera sea utilizar las plantas para producir biocombustibles como ya se hacen en algunos sitios o para producir sustancias, materias primas para la elaboración de todo tipo de compuestos, como pueden ser: los plásticos, los aceites de motor, las pinturas que ahora mismo se derivan del petróleo.

Para terminar, y para que podamos hacernos una idea de cuál es la situación de los cultivos transgénicos en el mundo, he recopilado información sobre las modificaciones genéticas más utilizadas, los países en los que se cultivan y sus producciones. Los primeros cultivos transgénicos en el mundo se iniciaron en el año 1995, en ese momento se cultivaban doscientas mil hectáreas que en el pasado año se han convertido ya en cuarenta millones de hectáreas. Esto representa una superficie equivalente a la del Reino Unido. No se ha reseñado ningún suceso destacable en cuanto a problemas específicos de estos cultivos o a la utilización de los productos derivados en la alimentación humana o animal. Siguen estando en discusión y podemos comentarlo más ampliamente posteriormente sus efectos ambientales, dado que no es de fácil análisis y requiere el seguimiento de estos cultivos durante años.

Los países con mayor relevancia en el cultivo de variedades de plantas transgénicas son: Estados Unidos donde se cultiva el 70% de la superficie de la superficie mundial dedicada a estas variedades, Argentina que cultiva el 17% de la superficie mundial de variedades transgénicas, dedicadas fundamentalmente a soja, Canadá con un 10%, fundamentalmente de colza y China que representa un 1% de la superficie global. Hay otros países, hasta un total de 13 que cultivan

extensiones de unos pocos miles de hectáreas que resultan anecdóticas. Entre ellos se encuentra España donde se cultivan aproximadamente veinte mil hectáreas de maíz.

En cuanto a las especies cultivadas en el año 1998, el 24% del maíz, el 40% de la soja y el 40% del algodón cultivados en el mundo eran transgénicos. Los caracteres modificados con mayor frecuencia son, de momento, la resistencia a herbicidas, un 77% de las y la resistencia a insectos fundamentalmente utilizando las proteínas Bt que representa un 22% de los casos.

Finalmente, aunque no voy a entrar en detalles, porque supongo que es un tema que saldrá en la discusión, las críticas más comunes en contra de los alimentos derivados de variedades generadas por esta nueva tecnología que ya han salido aquí son: 1) La resistencia a antibióticos, que hemos comentado ampliamente. 2) La posibilidad de producción de alergias. En este caso, hay un ejemplo que siempre se cita, la utilización de unas proteínas de reserva de la nuez del Brasil que producen alergia en un sector de la población alérgica a la nuez del Brasil y que efectivamente cuando se introducen plantas transgénicas también pueden producir alergias. La empresa que desarrolló estas plantas transgénicas nunca llegó a ponerlas en el mercado. 3) Los posibles efectos de toxicidad para el consumidor de los que no existe ningún caso documentado, y de los que podemos hablar posteriormente. En cualquier caso, me parece muy importante y es lo único que quiero decir con respecto a estas cuestiones es que las críticas, como decía José Fernández Piqueras, no se pueden hacer a la globalidad, no se puede decir como aparece en los periódicos a veces “los consumidores españoles dicen que las plantas transgénicas son malas para la salud”. No hay dos plantas transgénicas iguales, cada cultivo y cada transformación genética debe ser analizada en particular y no solamente en particular sino comparativamente con respecto a lo que representa con las otras variedades en ese cultivo, con respecto a las ventajas que presentan y a los inconvenientes. Cuando se habla de toxicidad o de producción de alergias, deberíamos compara siempre con el cultivo original.

Con respecto a las implicaciones de estas variedades en el medio ambiente se han criticado los siguientes aspectos: 1) Pérdida de biodiversidad. No es algo que se pueda achacar únicamente y exclusivamente a la ingeniería genética, es un problema de la agricultura moderna como tal. La ingeniería genética puede contribuir inicialmente a disminuir la biodiversidad, porque no todos los genotipos de una determinada especie son fácilmente transformables y entonces vamos a contar al principio con unos genotipos que van a estar más representados dentro de las variedades transgénicas que otros.

Lo que ocurre es que después esas líneas transgénicas se utilizan como líneas de mejora y por lo tanto el espectro genotípico, el conjunto de variación con el que cuentan las nuevas variedades de cultivo va aumentando con el tiempo. Por otra parte, en mi opinión, determinadas variedades que han sido abandonadas porque no reúnen las características para su comercialización o para los gustos actuales del consumidor, podrían recuperarse mediante ingeniería genética, cuando el carácter de interés se monogénico, mediante la introducción por del gen responsable de ese carácter. 2) Posibilidades de transferencia genética a otras especies que ha sido comentado anteriormente. 3) Posibles efectos de toxicidad ambiental, en el caso de las plantas Bt habría que valorar la toxicidad que representan las plantas que producen esta toxina con respecto a la toxicidad que generan los tratamientos con el polvo de las bacterias directamente sobre el cultivo o el uso de otros plaguicidas.

Simplemente para abrir un poco el posible debate, quería terminar comentando que hasta ahora barajamos muy pocos ejemplos de aplicaciones para una tecnología con muchas posibilidades de futuro. Hemos hablado de cuestiones que se van planteando sobre las secuencias reguladoras que se utilizan, parece que siempre se utilizan las mismas, y esto se debe a que hay todavía poca información y poca experiencia sobre otras secuencias. El mejorador utiliza aquello que sabe como funciona, entonces conforme esta información vaya aumentando por supuesto va a ver nuevas posibilidades de regulación de la expresión génica.

Hay ya nuevos marcados selectivos que no están basados en antibióticos; hay nuevos procedimientos para silenciar determinados genes endógenos o nuevos procedimientos para, mediante recombinación homóloga extraer las secuencias que se han utilizado como marcadores selectivos e igualmente hay herramientas que pueden permitir minimizar las posibilidades de transferencia génica. En este último caso, podemos por ejemplo eliminar las posibilidades de floración en aquellas variedades hortícolas que se consumen por sus órganos vegetativos o en especies leñosas que son cultivadas por su madera. También se pueden generar semillas con embriones apomícticos, que no requieran fecundación, o frutos partenocárpicos también sin fecundación y sin semillas. Muchos consumidores querrían sandías o tomates e incluso berenjenas sin semillas.

Conforme vayamos conociendo mejor la biología de las especies vegetales, las posibilidades de desarrollar nuevas herramientas y estrategias irán en aumento. En este sentido, el genoma de *Arabidopsis* estará secuenciado a finales de este año. Es un genoma básico vegetal que contiene unos veinticinco mil genes. Conforme se vaya conociendo la función de estos genes en el desarrollo y en la fisiología de la planta, que es el objetivo de la sociedad científica internacional en los próximos diez años, se van a generar muchas más alternativas de acelerar los procesos de mejora de variedades vegetales. La información es la base de la que parte esta nueva tecnología de ingeniería genética y eso es algo en lo que se diferencia fundamentalmente de la metodología clásica que parte del fenotipo, de la cáscara externa de un organismo, desconociendo el funcionamiento de la caja negra que hay detrás de él.

Jesús Lizcano: Después de la intervención de José Miguel Martínez Zapater, podemos pasar al turno de preguntas o comentarios sobre lo que el nos ha comentado.

Gregorio Alvaro: Con respecto a las plantas resistentes a herbicidas, has comentado que eran plantas más seguras, además también has dicho que las malas hierbas suelen estar relacionadas con los cultivos que se están plantando allí y que los herbicidas de amplio espectro son mucho mejores. Simplemente quiero decir, que debido a que las malas hierbas están relacionadas con la planta, con el cultivo, estos genes van a pasar por polinización cruzada las malas hierbas y las malas hierbas se van a hacer resistentes al herbicida que se utiliza para matar a las malas hierbas, con lo cual va a haber que utilizar mayores cantidades de herbicidas. Estos cultivos aumentan la utilización de herbicidas como el round up, estos herbicidas de amplio espectro son muchos más tóxicos que los herbicidas concretos para las malas hierbas porque precisamente como lo que tiene que hacer es matar todo, su toxicidad es mucho más alta, el herbicida round up de Monsanto tengo datos de su toxicidad. Estos cultivos resistentes a estos herbicidas son el 80% de las plantas que se cultivan actualmente, es decir que del segundo tipo que has hablado, prácticamente no existe ninguna planta cultivada comercialmente.

Réplica de José Miguel Martínez Zapater: Efectivamente cabe la posibilidad de que, las malas hierbas que acompañan a los cultivos sean, como dices en muchos casos de la misma familia botánica, aunque no siempre es así, por lo que las posibilidades de transferencia no son tan amplias como las que refieres. Sin embargo, efectivamente la transferencia ha ocurrido ya con cultivos de colza no transgénicos en la resistencia a atrazinas, un herbicida mucho más tóxica que los herbicidas de los que estamos hablando. En este caso, las variedades de colza resistentes al herbicida se generaron mediante mejora genética. La resistencia se ha transferido a una de las especies silvestres de alrededor y cuando esto ocurre conlleva efectivamente a que hay que investigar y generar nuevos herbicidas más seguros. El caso de las atrazinas está documentado y es posible que haya otros casos. No se puede eliminar en absoluto esa posibilidad de transferencia.

Con respecto a la toxicidad yo creo que es precisamente el hecho de poder buscar herbicidas que inhiben aspectos muy específicos del metabolismo vegetal lo que da la posibilidad de utilizar moléculas que efectivamente eliminan otras especies vegetales pero que no tengan los mismos efectos en la fauna y en las especies microbianas. Es la ventaja de poder primero seleccionar una molécula y después desarrollar la planta resistente a esa molécula en lugar de hacerlo al revés. Cuando uno quiere

eliminar una planta, todos sabemos que hay una serie de procesos fisiológicos como puede ser la biosíntesis de determinados aminoácidos o la fotosíntesis, que son muy particulares de las plantas y es en esos procesos en los que tenemos que incidir.

Jesús Lizcano: A continuación le corresponde intervenir a **D. Antonio Jiménez Martínez**, Profesor de Investigación del Centro de Biología Molecular. Ha sido investigador en universidades británicas como la de Cambridge, y americanas como la de Wisconsin. Tiene más de ciento veinte publicaciones en este ámbito en revistas internacionales, con lo cual hemos de entender lógicamente que es una de las grandes autoridades a nivel nacional e internacional sobre este tema.

Antonio Jiménez Martínez:

Voy a hablar, en primer lugar, de unos organismos muy interesantes que se llaman levaduras. Solamente hay que pensar qué sería de nuestra vida si no existieran las levaduras, una vida sin vino, ni cerveza, ni pan, ni los productos de repostería, etc. Todos estos productos tan apreciados y básicos se lo debemos a la levadura. Desde el punto de vista económico, estos apreciados hongos no miceliares mueven cantidades muy considerables de materias y dinero. Así, por ejemplo, las que se producen para utilizarlas en panaderías y reposterías, las que se obtienen durante la producción de cervezas y vinos, las procedentes de la fermentación de azúcares (melazas de azucareras) para producir etanol acuoso (destinado a destilación para preparar licores y aguardientes) y finalmente las destinadas a la alimentación humana y animal significan, a nivel mundial, un millón de toneladas métricas en peso seco. Desde el punto de vista económico, el rendimiento comercial de todos estos productos es de unos 50.000 millones de dólares. De entre estos productos derivados, solamente de pan, vino y cerveza se producen unos ciento ochenta millones de toneladas métricas. En cuanto a la cantidad de dinero que mueven los vinos, cervezas y licores es de unos treinta mil millones de dólares. Por consiguiente, desde un punto de vista económico y alimenticio las levaduras son sumamente importantes y sus productos derivados han influido decisivamente en el desarrollo desde tiempo inmemorial del desarrollo de la historia humana y de nuestro modus vivendi. Teniendo todo ello en cuenta, no es de extrañar que también las levaduras sean un objetivo importante para su mejorara mediante la tecnología del ADN recombinante.

Sin embargo, y para tranquilidad de los que tienen problemas sentimentales o mentales con los alimentos transgénicos, actualmente, que se sepa, no existe ninguna levadura que se use en la industria alimentaria que esté modificada transgénicamente. Y esto a pesar de las ventajas indudables que resultan de algunas de las modificaciones que en estos organismos se han realizado a nivel de laboratorio. Muy probablemente el ambiente en las industrias cerveceras y panaderas es contra la modificación genética, y curiosamente, no por problemas con los consumidores, sino desde dentro de ellas mismas. Es simplemente una cuestión de competencia, porque un gran productor que pusiera una cerveza en el mercado que hubiera sido preparada con una levadura modificada genéticamente con DNA recombinante, tendría muchos problemas para comercializarla. Y esto sería originado por la propaganda adversa promovida por sus competidores industriales basándose en la prevención, desde mi punto de vista completamente infundado, de los consumidores.

Uno de los aspectos más importantes de la tecnología del ADN recombinante es el referente a los marcadores de resistencia bacterianos que se usan para introducir en los distintos organismos los genes modificadores. Este problema está resuelto en levadura desde hace bastante tiempo. De una parte existen varios marcadores dominantes que son genes propios de la levadura. Por ejemplo una mutación en el gen *ILV2*, que determina una proteína modificada, que hace resistente al sulfometurón a la levadura que la lleve. Este último es un herbicida, producido por Du Pont, que se utiliza en agricultura y jardinería. El producto de *ILV2* interviene en la biosíntesis de isoleucina y valina en la mitocondria de levadura. Por otra parte, también existen marcadores dominantes de origen bacteriano, como por ejemplo el de resistencia a kasugamicina o G418 (geneticina). Esto no representa ningún

problema para los consumidores ya que existen métodos para eliminar este gen no deseado y dejar introducido en la levadura transformada, que de esta manera quedaría mejorada.



D. Antonio Jiménez Martínez

De entre las numerosas modificaciones que se pueden y/o se han realizado en levaduras de la industria alimentaria, voy a poner varios ejemplos que se han llevado a cabo por una mayoría de las más importantes compañías cerveceras, panaderas y vinateras japonesas, americanas y europeas, aunque en ningún caso los productos derivados se hayan comercializado. Durante el proceso de la fermentación cervecera se producen unos compuestos denominados las dicetonas vecinales (diacetilo y pentanodiona), que provienen, respectivamente, de la descarboxilación oxidativa de α -acetolactato y α -aceto- α -hidroxibutirato. Estas dicetonas confieren a la cerveza recién fermentada un sabor desagradable a mantequilla. Para eliminarlas existe el proceso de guarda que consiste en mantener esta cerveza joven a baja temperatura (unos 4° C) durante 2-5 semanas.

Es obvio que este proceso, denominado “guarda”, es muy costoso. Pues bien, numerosas bacterias tienen un gen cuyo producto es una α -acetolactatodescarboxilasa no oxidativa que convierte a aquellos precursores en acetoína y α -hidroxi- β -ceto-pentano, respectivamente. Estos dos compuestos tienen un umbral de sabor doscientas veces superior al de sus precursores. Este gen se ha aislado y posteriormente se ha introducido en las levaduras cerveceras. En estas se produce la descarboxilasa no oxidativa que evita la formación de las dicetonas vecinales y las cervezas se pueden servir al comercio sin sufrir el costoso proceso de guarda. Ese gen bacteriano lo estamos ingiriendo cada vez que tomamos bacterias lácticas, que están presentes en el queso, yogures, kefires, quesadas y en la salmuera que mantiene a las aceitunas. Por consiguiente su hipotético efecto nocivo si lo introducimos en una levadura cervecera se puede considerar nulo.

Las levaduras de vino también se están estudiando porque son muy interesantes. ¿Qué es lo que le da sabor, y sobre todo aroma, al vino? Pues además de los aldehidos, alcoholes y cetonas, son los terpenos. Estos terpenos provienen de la hidrólisis de los glicositerpenos. Si alguna variedad de uva, por ejemplo la airén de la Mancha para vino blanco, no da mucho aroma, eso se podría mejorar introduciendo genes determinantes de glicosilasas en las levaduras de fermentación que hidrolizaran a

un ritmo mayor los glicositerpenos para liberar aromas. Por otra parte, el color del vino en los tintos es fundamental, y los flavonoides que lo confieren se pueden liberar introduciendo genes determinantes de pectinasas. Todo ésto se está haciendo y algún día es probable que salgan al mercado vinos fermentados con este tipo de levaduras. En la industria vínica no creo que vaya a tener mucha importancia el que éstas estén modificadas o no genéticamente, porque el vino a nadie le recuerda la levadura con la que se preparó.

Por último voy a poner un caso que es el de la levadura panadera. A parte de las modificaciones que se le puedan hacer para mejorar la fermentación, por ejemplo que se haga más rápida, se produzca más etanol y más carbónico para que suba la masa, es importante también la producción propia de esta levadura. Para esto normalmente se utilizan melazas derivadas de las industrias del azúcar remolachera. Estas melazas contienen, disueltos en el agua, sacarosa, vitaminas, sales y otros compuestos, que son las fuentes para que crezca la levadura. Pero además contienen un 7% de un azúcar trisacárido raro que se llama rafinosa. La levadura que se va a emplear para hacer el pan, se crece en estas melazas y no es capaz de utilizar este azúcar, que por consiguiente se deshecha sin aprovecharse.

Esto no solamente es importante desde el punto de vista de producción, sino también ecológico, pues la rafinosa es un azúcar contaminante de las aguas fecales al permitir desarrollos de floras microbianas indeseables y limitar el contenido de oxígeno de estas aguas. En este sentido existen levaduras distintas a las citadas que son capaces de utilizar este trisacárido como fuente de carbono gracias a poseer un enzima, la melibiase que hidroliza la rafinosa y la convierte en dos azúcares utilizables por las levaduras panaderas el gen que determina la melibiase se ha clonado y transformado en levaduras panaderas. El resultado es que éstas utilizan la rafinosa como fuente de carbono y se obtiene un rendimiento mayor en un 7% de masa de levadura. Además las aguas residuales son mucho menos contaminantes.

Desde un punto de vista económico y práctico, el modificar una levadura industrial tiene mucha importancia. No creo que tenga problemas éticos de ninguna clase o por lo menos yo no los veo, ésto se puede hacer fácilmente sin grandes problemas, simplemente que algunos de los grandes productores se decida a utilizarlas o que haya un acuerdo entre ellos. De todas maneras, la competencia es tan tremenda que va a ser muy difícil ponerlos de acuerdo para que se haga, aunque económicamente les representaría unas ganancias económicas muy interesantes.

Jesús Lizcano: A continuación va a desarrollar su presentación **Dña. Elisa Barahona Nieto**, quién se puede considerar como una gran autoridad sobre el tema de seguridad, no en vano ha sido la Presidenta del Comisión Nacional de Bioseguridad en España desde el año 1992 hasta 1996, continuando en la actualidad como miembro de dicha Comisión. Es licenciada en Ciencias Biológicas; Master en Evaluación de Riesgos de Organismos Transgénicos; representante de España en la negociación de Directivas Comunitarias en estos temas y otros temas como los Protocolos de Seguridad. En definitiva, al pertenecer a la Comisión Nacional de Bioseguridad tendrá mucho que decir sobre la forma en que el marco jurídico, aquí en España y en otros lugares, va estableciendo un contexto de seguridad en torno a estos temas.

Elisa Barahona Nieto:

En primer lugar, quería agradecer la invitación a participar en este Seminario. Yo voy a explicar cómo se controlan en España las actividades con los organismos transgénicos. El Sr. Piqueras mencionaba que los primeros transgénicos aparecieron o se desarrollaron en los años setenta, pero los primeros controles no se empezaron a elaborar en el ámbito internacional hasta mediados de los años ochenta, a pesar de la fuerte presión desde el mundo científico para ello. La OCDE fue la primera organización que se ocupó de esta materia. Reunió a un grupo de expertos de estos países y elaboraron unas "Consideraciones de seguridad del ADN recombinante".

Aunque se adoptaron distintos enfoques, hubo un acuerdo general en el hecho de que era muy importante proceder paso por paso, debido a que se desconocían totalmente los riesgos de esta nueva tecnología, es decir pasar progresivamente del laboratorio a los ensayos en campo y posteriormente a la comercialización de los productos. Además se establecieron unos criterios generales para la evaluación de riesgo, que deberían aplicarse caso por caso. Los planteamientos fueron muy diferentes. Algunos países como Estados Unidos o Canadá, consideraron que no era necesario adoptar una legislación específica porque fundamentalmente los principios que regían la ingeniería genética eran los mismos que los de la genética clásica. Esto no quiere decir que no exista control en el proceso de ensayos de estas nuevas variedades o de los nuevos cultivos transgénicos en el mercado, sino que se controlan con la legislación existente en estos países. En Estados Unidos se encargan de ello tres agencias, la Agencia del medioambiente, la EPA, la de Agricultura, y la FDA que intervienen conjuntamente en el proceso de autorización.



Dña. Elisa Barahona Nieto

En Europa el planteamiento fue diferente. La Unión Europea consideró necesario establecer una normativa específica sobre los posibles riesgos de esta tecnología. Se estableció un marco general basado en cuatro directivas. Las dos primeras la Directiva 90/219/CEE y la Directiva 90/220/CEE se elaboraron para controlar los posibles riesgos para la salud humana y para el medioambiente. La tercera Directiva, la 90/679/CEE sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos en los lugares de trabajo y la última, la directiva de patentes (98/44/CE), de protección jurídica de las invenciones biotecnológicas. Lógicamente las más importantes en nuestro ámbito son las dos primeras, las directivas sobre bioseguridad.

El proceso de elaboración de las cuatro se comenzó en 1988, aunque en el caso de la directiva de patentes no se concluyó hasta 1998, dada su conflictividad y el rechazo por parte del Parlamento Europeo del texto de la posición común adoptada por los ministros.

Las directivas de bioseguridad establecen los procedimientos de control de las actividades que se pueden llevar a cabo con los organismos modificados genéticamente que son fundamentalmente: la utilización confinada en laboratorio o instalaciones industriales (Directiva 90/219, modificada por la Directiva 98/81 que entrará en vigor en el próximo mes de junio). Se ha modificado para adaptarla a la experiencia obtenida en esta materia desde 1991 que entraron en vigor.

En cuanto a la segunda Directiva, cuando se hizo un análisis en 1996-97 sobre la aplicación de la misma en los Estados Miembros, se detectaron ciertos problemas especialmente en lo que se refiere a la comercialización. Esta directiva sobre liberación intencional al medioambiente, cubre los ensayos en campo de estos organismos y su posterior puesta en el mercado. El problema estriba en que esta Directiva no contemplaba un procedimiento de evaluación de riesgo armonizado, de manera que era difícil alcanzar un acuerdo por parte de todos los Estados de la Unión ya que los criterios valorados eran diferentes. La Comisión Europea propuso modificar esta directiva en el sentido de flexibilizarla pero el fuerte debate social planteado en la Unión, obligó a establecer disposiciones más estrictas para atender a las preocupaciones sociales manifestadas a través de lo que se venía apuntando por distintas organizaciones ecologistas.

La Directiva 90/220 en un principio se entendió como un marco general para cubrir la comercialización de todos los organismos transgénicos, pero progresivamente la Unión Europea ha elaborado unas normas específicas para los distintos productos, sean alimentos o productos fitosanitarios, o farmacéuticos de manera que en la actualidad la normativa que más relevancia tiene para la opinión pública es la directiva 90/220 y el reglamento de nuevos alimentos (Reglamento 258/97/CE).

En España, la incorporación de la normativa comunitaria se ha llevado a cabo a través de la Ley 15/94 y del Real Decreto 951/97 de 24 de junio por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley. Esta evidentemente ha incorporado las tres actividades reguladas en las directivas: la autorización de las instalaciones, la utilización confinada, los ensayos en campo y la posterior comercialización. La Ley ha establecido además un reparto de competencias de acuerdo con la distribución territorial que existe en España. De manera que corresponde a las Comunidades Autónomas la autorización de todas las actividades que se llevan a cabo en laboratorios o en instalaciones industriales y todo lo que son ensayos en campo. La comercialización por su parte se ha reservado para la Administración General del Estado por precisar el acuerdo de los quince.

Aunque la ley entró en vigor en 1994 solamente seis Comunidades Autónomas (Navarra, Extremadura, Andalucía, Aragón, Castilla La Mancha y Castilla León) la han asumido hasta la fecha. No obstante la mayor parte de ellas participan activamente en la Comisión de Bioseguridad que es el órgano de asesoramiento científico encargado de llevar a cabo las evaluaciones de riesgo.

Lógicamente las competencias en el caso de las Comunidades Autónomas, se otorgan al departamento que se considera más adecuado en cada caso. En la mayoría de los casos el Departamento de Medio Ambiente, mientras que Andalucía se ocupa la Consejería de Agricultura. Al igual que ocurre a nivel estatal se mantiene una estrecha relación con el resto de las Consejerías implicadas de algún modo.

En el ámbito estatal, la ley establece un Órgano Colegiado, compuesto por cinco directores generales de los ministerios más implicados que son el Ministerio de Medio Ambiente, el Ministerio de Sanidad, el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Industria y el Ministerio de Educación responsable de las autorizaciones de las actividades con los transgénicos Este es el que se encarga de las autorizaciones de todo lo que le corresponda a la Administración general. De todas formas hay que decir que todo el proceso está centralizado en el Ministerio de Medio Ambiente.

La Ley también ha establecido como ocurre en casi todos los países un órgano consultivo, de carácter técnico y científico que es la Comisión Nacional de Bioseguridad que es en realidad quien se encarga de la evaluación de todos los ensayos, de todo lo que se hace en España, ya sea competencia de las Comunidades Autónomas o de la Administración General. Está compuesto por representantes también de los ministerios arriba mencionados, científicos en representación de instituciones como el Centro de Biología Molecular, el Centro Nacional de Biotecnología por científicos, por expertos de distintos departamentos universitarios y por representantes de las Comunidades Autónomas. Ahora

mismo todos los procedimientos pasan por esta Comisión, que trabaja de acuerdo con los principios que se habían establecido en la OCDE, de manera que todas las evaluaciones de estas actividades se realicen caso por caso. Los criterios fundamentales que se consideran para ello son: 1) Las características del organismo donante; 2) El organismo receptor; 3) Las secuencias introducidas y 4) El medioambiente en el que se libera (cuando hablamos de ensayos en campo); y 5) Las condiciones de la liberación. Cuando estamos evaluando ensayos que se hagan en laboratorio evidentemente es mucho más sencillo, porque basta con aplicar el nivel de confinamiento que sea necesario para asegurar que no existan riesgos ni para la salud humana ni para el medioambiente.

En cuanto a los posibles riesgos que nos podemos plantear por los organismos transgénicos son: 1) Capacidad de transferencia de material genético, en general en cuanto a los nuevos cultivos (el 90% de los ensayos en España se llevan a cabo con plantas); 2) La inestabilidad genética o genotípica de la construcción genética que se presenta; 3) La posible patogenicidad; 4) Capacidad de supervivencia de la planta modificada en el medio en el que se libera o de diseminación; 5) Años potenciales para los seres humanos.

En España, desde 1993, se han llevado a cabo más de 250, entre los destacan los ensayos con maíz, unos 155 en toda España, unos 60 ensayos con algodón, y en menor medida con remolacha tomate, álamo, alfalfa, arroz, calabacín, ciruelo, con cítricos, colza, eucalipto, fresa, girasol, melón, patata, soja, tabaco y trigo. El 90% de los ensayos son con plantas y solamente cinco solamente con microorganismos, que son o bien para descontaminación del medio ambiente o microorganismos para fijación de nitrógeno.

En cuanto a las Comunidades Autónomas, la columna de la izquierda son los ensayos que se han llevado a cabo en Andalucía más del 30% se han llevado en esa comunidad autónoma probablemente porque las características o las condiciones climáticas son las más favorables, alrededor de 78 ensayos en Castilla-León, 48 en Cataluña, 41 en Aragón igual que en Castilla-La Mancha, 29 en Extremadura, 22 en Navarra y en menor medida los ensayos de otras comunidades autónomas como Madrid donde hay solamente 3 ensayos.

En relación a las características o el tipo de modificaciones genéticas que se les ha introducido a los cultivos, prácticamente el 27% corresponde a resistencia a insectos, un 26% a tolerancia a herbicidas, una combinación de la tolerancia de herbicidas con las resistencia a insectos dentro de la misma planta un 7%, resistencia a virus alrededor de un 13% fundamentalmente son los ensayos que se han llevado a cabo con hortícolas, y en menor medida otras cosas como 16% ensayos de terapia génica, un 5% esterilidad masculina.

En cuanto a la evolución de los ensayos en campo por años en España, desde el año 1993 que se hicieron 3, se pasó a unos 144 ensayos en 1998. Disminuyó algo en 1999 (105) debido a que la Administración General rehusó continuar ejerciendo de forma subsidiaria la competencia que corresponde a las Comunidades Autónomas.

En la Unión Europea, hay más 1.500 ensayos, muchos menos que lo que se ha hecho ya en Estados Unidos o por ejemplo en Canadá o Argentina que son los principales exportadores a nivel mundial de cultivos transgénicos. También a nivel de la Unión Europea los ensayos con maíz son más de 400, seguido de la colza, remolacha, etc.

En el ámbito mundial tenemos que efectivamente un 98,64% de los ensayos en campo con organismos transgénicos corresponden a plantas. En mucha menor medida con animales, con hongos, con virus o con bacterias. Evidentemente, los cultivos están llegando en mucha mayor cantidad al mercado, exceptuando los productos farmacéuticos que no se tienen en cuenta en estas estadísticas por regirse por una legislación específica.

Cuando hablamos de la comercialización es importante comentar el tema del etiquetado. La directiva 90/220/CEE que se aprobó en 1990 no establecía en principio unos requerimientos obligatorios de etiquetado, hasta que llegó el primer producto transgénico a Europa, la soja transgénica de la compañía Monsanto, procedente de los Estados Unidos, y fue preciso rápidamente introducir una modificación para poder asegurar el seguimiento del etiquetado en toda la cadena hasta la transformación en los productos que llegan al consumidor fundamentalmente. Así, el etiquetado que se estableció a finales de 1996 a través de la modificación de uno de sus anexos, corresponde a:

- “Puede contener organismos modificados genéticamente”, cuando se trata de la importación de un organismo modificado que habitualmente llega mezclado junto a uno convencional (soja o maíz), o siempre que no se tenga certeza; y
- “Contiene organismos modificados genéticamente”, cuando realmente se tiene certeza de que es transgénico. Es importante destacar que este no es el etiquetado que directamente llega al consumidor. Este solamente se aplica a todo lo que es autorizado a través de la Directiva 90/220, como los granos, las semillas o los productos destinados a la alimentación animal. No obstante el acuerdo político alcanzado por los Ministros de Medio Ambiente el pasado 25 de junio de 1999 para la modificación de esta Directiva, propone unificar el etiquetado en el 2º tipo, con objeto de asegurar la trazabilidad de los productos transgénicos.

Además de ello, se introducirán todos aquellos criterios que se han revelado de importancia a la vista de la experiencia adquirida con la aplicación de estas normas comunitarias. Los principales elementos que contiene la propuesta son:

- La introducción del principio de precaución para la aplicación de esta normativa.
- Principios armonizados de evaluación de riesgo, para tratar de evitar estas divergencias entre unos países y otros, en la evaluación ambiental de los nuevos organismos.
- Establecimiento de plazos para las autorizaciones de comercialización (diez años), de manera que se pone un producto en el mercado y a los diez años se hará un estudio de su comportamiento antes de renovar la autorización.
- La obligación de aplicar unos planes de seguimiento y control a cada nuevo cultivo o nuevo organismo en el mercado.
- El etiquetado para asegurar la coherencia con toda la legislación sectorial de la Unión Europea.
- La posibilidad de consultar con comités científicos o cuando sea necesario con comités de ética.
- Una mayor transparencia en la aplicación de la directiva.

Finalmente deseo comentar, que ahora mismo existen en la Unión Europea diecisiete organismos transgénicos autorizados, catorce nuevos cultivos y tres vacunas. A pesar de ello, solo hay dos variedades transgénicas en el Registro Español, dos variedades de maíz que expresa una resistencia al taladro, porque contienen el gen Bt, de las que se están sembrando veinte o veinticinco mil hectáreas en España.

Para consultas o cualquier tipo de información sobre las actividades que se llevan a cabo en España, se puede visitar la página de Internet del Ministerio de Medio Ambiente: www.mma.es.

Pregunta de un asistente: Desearía saber lo relativo a las normas de etiquetados, pero de los alimentos finales, ya cuando están a disposición del consumidor, más que cuando se producen los componentes alimenticios.

Respuesta de Elisa Barahona: Los únicos productos que están autorizados en la Unión Europea para consumo humano, son la soja y el maíz. Estos dos cultivos se autorizaron en la Unión Europea a través de la Directiva 90/220/CEE, antes de la entrada en vigor del reglamento de nuevos

alimentos, con lo cual fue preciso después establecer o aprobar unos reglamentos específicos para adaptarlos a los requerimientos de etiquetado, porque no estaban cubiertos por la obligación establecida en el Reglamento de Nuevos Alimentos. Existe obligación de etiquetar pero el problema es identificar qué productos contienen soja y maíz, ya que pueden procesarse a multitud de ellos (piensos o para la fabricación de harinas, cerveza, etc.)

Se están estableciendo unos sistemas de identificación de unos alimentos para determinar si realmente está cumpliendo con el etiquetado. Es el tema más conflictivo y más cuando varias empresas multinacionales se decidieron en determinado momento a etiquetar los productos, y hubo una fuerte campaña en contra de ellas, por lo que rápidamente comunicaron se decisión de prescindir de organismos modificados. Ahora el problema se ha planteado con todos los productos de alimentación y de bebida. Para etiquetar hay que identificar si realmente sus productos contienen transgénicos.

Pregunta de un asistente: Desearía saber cómo está el estado de transposición de la Directiva de Patentes 98/44 y en segundo lugar a qué se debió el cambio de la denominación de organismo modificado genéticamente en las negociaciones del protocolo de bioseguridad a organismo vivo modificado.

Respuesta de Elisa Barahona: En cuanto a la primera pregunta, la Directiva de Patentes es una responsabilidad de la Oficina de Patentes del Ministerio de Industria y yo la verdad es que desconozco totalmente cómo está el tema. Sí que sé que es una directiva muy criticada, que ha sido recurrida por el gobierno holandés porque votó contra la aprobación de esta directiva. Que existen bastantes problemas de incompatibilidad de esta directiva con lo que son los acuerdos adoptados dentro del Convenio de Diversidad Biológica, entonces no creo que está muy avanzado el proceso, pero ya digo que lo desconozco por completo, sé que existen todos estos problemas que están sin solucionar, con lo cual no creo que esté muy avanzado.

En cuanto al segundo tema, el cambio de denominación de organismo modificado genéticamente a organismo vivo modificado, no viene de la negociación del Protocolo de Bioseguridad, sino que ya se dió cuando estábamos negociando el Convenio de biodiversidad en 1988 comenzamos, había una fuerte discusión porque Estados Unidos tenía mucha reticencia a que se hablara de “modificado genéticamente”. Tras largas discusiones terminamos adoptando el otro término fundamentalmente como para atraer a la negociación a Estados Unidos que se negaba a aceptar el otro término y por eso se optó por “organismos vivo modificado resultante de la biotecnología moderna”. Son exactamente los mismos, pero parece ser que para ellos tenía una gran importancia, así manifestaron reiteradamente el hecho de que no figurara la palabra “genéticamente”.

Pregunta de un asistente: Mi pregunta va más como consumidor y como representante de un hermano pequeño que tengo, que hasta ayer comía potitos. Mi pregunta es: Hasta qué punto estamos siendo *coballas* humanas, en el sentido de que los tres mayores exportadores de organismos transgénicos han retrasado muchos años el Protocolo de Bioseguridad, han puesto trabas al etiquetado, y las aseguradoras no aseguran el cultivo transgénico. A mi me dá un poco de miedo, y quisiera saber hasta qué punto se puede asegurar que no van a tener efectos secundarios.

Respuesta de Elisa Barahona: No estoy implicada en la autorización de alimentos modificados genéticamente, pero lo que sí te digo, y lo sé porque estamos en estrecho contacto con los que sí son responsable de ello, es que están mucho más evaluados que cualquier otra cosa que haya en el mercado. Los problemas que has planteado que pueden proceder de los tres principales exportadores, aunque cada vez son más, no tiene nada que ver con el riesgo, en absoluto.

Si nosotros fuéramos exportadores, no sé como nos comportaríamos, pero es el único motivo. Se ha planteado la negociación del Protocolo de Bioseguridad y se ha visto claramente que es una batalla entre intereses ambientales e intereses comerciales.

Jesús Lizcano: A continuación le corresponde el turno de exposición a **D. Emilio Muñoz Ruiz**, Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Es además Presidente del Gabinete de Biotecnología (GABIOTEC) de la Fundación CEFI y de la Red de Investigadores en Ciencia, Tecnología, Economía y Sociedad. Ha sido además el Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y Secretario General del Plan Nacional de I+D, habiendo asimismo ocupado otros cargos y contando con una alta experiencia sobre Sociología de la Ciencia e investigación.

Emilio Muñoz:

Mi agradecimiento a los organizadores por haberme convocado una vez más a estos debates. Durante un tiempo hemos lamentado que no existieran debates en España, ahora tenemos que empezar a lamentar que existen muchos. Somos pocos los que participamos, nos vemos casi siempre en casi todas estas actividades y como ya nos conocemos, podemos tener reacciones un poco condicionadas por ese conocimiento previo.

Intento, ajustándome al tiempo que se me ha otorgado, tratar una cuestión bastante compleja de una forma esquemática, perdonen el esquematismo en atención a la riqueza que nos ofrece la jornada y a las limitaciones de tiempo.



D. Emilio Muñoz Ruiz

Los temas de percepción pública en relación con la biología, se han convertido en un tema absolutamente central porque la primera cuestión que creo que hay que señalar es algo que es una obviedad. Vivimos en una sociedad tecnocientífica como todos reconocemos, aunque a su vez esta sociedad tecnocientífica desarrolla movimientos críticos frente a la ciencia y a la tecnología en los que se agrupan diferentes movimientos y distintos grupos de ciudadanos/as. Estoy en ello y yo comparto que estas críticas también reflejan un poco el nuevo modelo político y económico en que nos movemos. Por tanto estamos en un paradigma económico donde predominan una serie de factores que son los beneficios de unos frente a otros, y todas esas cuestiones están ahí condicionando las actitudes sociales frente a las nuevas tecnologías.

En cualquier caso es en este contexto donde hay ya unos avances, posiciones sociológicas o políticas que van tratando de avanzar en este mecanismo y concretamente hay un sociólogo alemán, U.Beck, que ha hecho todo un trabajo alrededor de lo que define como sociedad de riesgo. Estamos en una sociedad del riesgo, vivimos con el riesgo y tenemos que aceptar que la sociedad y sus integrantes valoren los riesgos en función de toda una serie de factores. Esto además ha introducido en mi opinión una cierta racionalidad al debate entre modernismo, postmodernismo y, cuestiones en las que no voy a entrar porque nos llevaría mucho tiempo. El mecanismo planteado por U.Beck, creo que introduce muchos elementos por los que se podría conciliar, avanzando en este sentido, intereses ambientales, intereses de alguien en la política o en la vida social. No hay que creer en la bondad extrema del todo es bueno, sino que es el beneficio de los individuos lo que prima. Por ello, alrededor de esto a su vez han surgido unas preocupaciones de cómo intentar medir cuál es la actitud social ante unas tecnologías o ante el riesgo o los riesgos que pueden llevar las tecnologías o ciertas tecnologías.

En general los políticos, se están guiando sólo por las encuestas. Recuerdo un artículo de un científico político español, J. Subirats, de hace unos ocho años, que señalaban las encuestas "como el único indicador". No hay ningún otro tipo de debate, las encuestas son las que funcionan. Esto ha conducido a introducir elementos de medida de opinión ligados a esta metodología. Se han combinado dos elementos de reflexión cognitiva o científica en el área de la sociología de la ciencia; uno es un elemento muy controvertido que va a intentar valorar, sea por la metodología que sea, la sensibilidad o la actitud social tiene uno que plantearse y por otro lado, conocer qué sabe la sociedad o cómo se informa la sociedad. Hay dos líneas de actuación: una británica, y otra estadounidense que responden a estos temas: la línea de intentar comprender o actuar en la comprensión pública de la ciencia y la tecnología que sería la concepción más británica o la idea de la alfabetización científica de la sociedad que se acomodaría a la concepción más americana.

De aquí se ha derivado también otra dinámica que en cierto modo sintetiza muchas de estas cuestiones y que son los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad que se han convertido cada vez más en una necesidad. En muchos países, estos estudios tienen tradición, tienen tradición académica, tienen tradición investigadora. Como pasa muchas veces en nuestro país, aunque estemos cada vez más modernos y estemos cada vez más cerca de las convergencias, nos separamos de la corriente principal, ya que no hay mucha tradición de estudios ciencia, tecnología y sociedad, salvo algo que se introdujo hace algunos años en la enseñanza media y donde hay ciertos grupos de profesores de filosofía que están llevando a cabo esfuerzos en este sentido.

Estas aproximaciones teóricas llevan a los planteamientos prácticos de intentar comprender cómo es esta actitud social hacia la biotecnología o ante las biotecnologías, cuando se convierten en temas de calado social. Para ello se ha abordado una metodología por medio de encuestas que ofrecen bastantes ventajas y suministra información, pero que en mi opinión también tiene muchos problemas, a los que probablemente no podré referirme por condicionantes de tiempo.

La idea fundamental que subyace para el planteamiento de estas encuestas conecta con esta idea de la comprensión pública o la alfabetización científica de la sociedad. Por lo tanto existe una idea apriorística de que la sociedad es una sociedad desinformada, es una sociedad que tiene déficits cognitivos, carece de conocimientos por ello las cuestiones se plantean por ahí. Todas las encuestas, han partido esencialmente de esta metodología o de este planteamiento.

Las encuestas se han hecho con mucho interés, porque, como se decía antes, a los políticos les interesa mucho detectar la opinión social. La Unión Europea se ha interesado mucho, pero no ha hecho más que seguir como hace casi siempre la tónica que en Estados Unidos se empezó hace muchos años sobre el tema de encuestas para intentar apreciar la actitud social.

Tengo que resumir muy brevemente algunos datos. El Eurobarómetro es un instrumento que la Unión Europea desarrolla con mucha insistencia, mucha actividad y financiación. Se trata de una

encuesta sobre muchos temas que van pasando en oleadas dos veces al año y de vez en cuando se incluyen temas específicos para intentar percibir la opinión de las sociedades europeas.

La biotecnología ya lleva tres oleadas, 91, 93 y 96 y en general lo que voy a presentar en primer lugar, es el resumen de la encuesta de 1996 en el correspondiente Eurobarómetro de una forma muy esquemática. La importancia que tiene, y lo digo para los científicos aquí presentes, es que el resumen que voy a glosar ha sido publicado en la revista Nature, lo que subraya la importancia que el mundo científico atribuye a estas cuestiones.

Este resumen nos permite identificar las actitudes positivas o negativas de los ciudadanos/as de los países miembros de la Unión Europea respecto a los usos de la biotecnología o respecto a su conocimiento o familiaridad con las ciencias y tecnologías relacionadas con la biotecnología. Se puede establecer un gradiente en la posición de los diferentes países en relación con el apoyo que prestan a una determinada aplicación, con la mayor o menor familiarización con los temas de la biotecnología - grado de conocimiento- o con la visión que poseen sobre el futuro de los usos de estas tecnologías o la posición ante los eventuales riesgos.

Tenemos a los países de Europa divididos tres parte: el lado más pesimista, el lado medio y el lado más optimista. En el lado más negativo aparece Austria siempre, tanto en lo que concierne a animales transgénicos, como en lo médico, en agricultura y alimentación. Las actitudes más positivas corresponden a los países del Sur de Europa -España, Grecia y Portugal-, aunque la situación cambia dependiendo de las aplicaciones. La actitud más positiva radica en los usos de la biotecnología para fines médicos, mientras que el menor apoyo reside en los alimentos transgénicos. Es importante subrayar que en el caso de la alimentación, un país nórdico como Finlandia se une en la apreciación positiva a los países del Sur. Antonio Jiménez ha señalado en su intervención que es muy posible que la levadura de panadería modificada genéticamente esté siendo utilizada ya en ese país.

España está en el lado positivo en lo que respecta a actitudes sociales, pero su posición es menos satisfactoria en lo que se refiere a las características o propiedades nacionales, puesto que se sitúa en el lado negativo en relación a las cotas de conocimiento. Este Eurobarómetro de 1996 fue muy importante y generó una conmoción científica y política, puesto que se pensaba que después de tres oleadas en la medida de la opinión, se detectarían cambios significativos en la opinión de los países, una evolución marcada por una evolución del conocimiento. Los datos indican que ello no es así, puesto que en la configuración de la opinión operan los valores: cultura, sentimientos religiosos, consideraciones económicas. De hecho un análisis detallado de los resultados permite comprobar que las diferencias de actitud respecto a los cultivos y alimentos modificados genéticamente correlacionan con el carácter productor -exportador o consumidor- importador de productos agrícolas. Los Países Bajos, país que tiene una fuerte base económica en la agricultura, muestran una actitud bastante positiva ante estos cultivos y alimentos. Actitud que en parte contrasta aparentemente con la posición holandesa de haber vetado la Directiva Europea de patentes sobre invenciones biotecnológicas, aunque ello se explica, de nuevo paradójicamente, por los intereses económicos en agricultura de los Países Bajos. Lo que quiero señalar con este panorama, que aparece difuso, es que la biotecnología es muy compleja y heterogénea, por lo que la metodología utilizada es quizá excesivamente lineal para llegar a aprehender esta diversidad de la situación y de los valores.

Por ello, los estudios recientes tratan de centrar y acotar los temas respondiendo a las críticas que algunos hemos formulado sobre la dificultad de aproximarse a estas cuestiones haciendo encuestas globales sobre la biotecnología. Ese estudio, que es el último que se ha hecho, no en el seno de los Eurobarómetros sino en el seno de una actividad financiada por la Unión Europea y por algunos gobiernos, ha procurado focalizar en seis grandes temas que son: producción de alimentos, cultivos de plantas, animales transgénicos, obtención de medicamentos y corrección de enfermedades de base genética.

Lo primero que recoge el estudio en cuestión es la posición de los ciudadanos de los quince países de la Unión más Noruega y Suiza, con respecto a si las biotecnologías van a mejorar, no tienen efecto, van a empeorar la situación si se comparan con energía solar, informática, telecomunicaciones, nuevos materiales y espacio. La biotecnología ofrece el porcentaje más bajo de respuestas positivas -sólo el 44 por ciento de las respuestas apunta a la mejora de la situación por estas tecnologías-, seguido muy de cerca por la tecnología espacial (49 por ciento muestra una visión optimista en la incidencia de mejora estas tecnologías). Las otras cuatro tecnologías ofrecen respuestas positivas entre el 70 y el 90 por ciento. Sólo el 9 por ciento reconoce que las biotecnologías no van a tener efectos, porcentaje similar al recogido por la informática. El porcentaje de los que estiman que van a empeorar la situación es igualmente el más alto (22 por ciento). Pero lo más importante es el alto porcentaje de respuestas de "no saben" (25 por ciento) que obtiene la biotecnología frente a cifras que oscilan entre el 5 y el 10 por ciento para las otras tecnologías. Ello quiere decir que estamos todavía en un terreno no sedimentado, en formación, sobre las cuestiones de opinión pública y la biotecnología.

Este estudio permite hacer otro tipo de interpretación, analizando la posición de los países respecto a la media europea. En los temas que más afectan al contenido de este seminario: producción de alimentos y producción de plantas, los resultados muestran a Europa dividida en dos mitades con diferencias porcentuales de hasta 50 puntos entre los países que muestran actitudes más positivas - Finlandia, Portugal, Países Bajos, Italia, Bélgica, Reino Unido, España, Francia- frente a los que tienen actitudes más negativas. Austria aparece una vez más en el extremo del rechazo, seguido por Noruega, Suiza, Dinamarca, Suecia y Alemania. Hay que evitar la tentación demagógica de asociar la posición de Austria con otros factores políticos de reciente resonancia.

Es importante señalar que la posición de España no es tan favorable como la sobresimplificación del Eurobarómetro apuntaba. La actitud española sobre la producción de alimentos es más positiva que en lo que respecta al desarrollo de cultivos transgénicos. Esta puntualización permite avanzar toda suerte de interpretaciones sociológicas moduladas por intereses económicos: modelo de agricultura, necesidades alimentarias... Parece que aproximaciones más localizadas, como las que acabo de resumir, ofrecen más riqueza de información para que el análisis de estas cuestiones sea más preciso.

Señalar además, que hay una actividad académica notable, como lo reflejan algunos libros recientes como el titulado "Biotechnology in the public sphere" ("Biotecnología en la esfera pública"), que es fruto en un estudio que ha tratado de interpretar los análisis del Eurobarómetro en relación con las medidas políticas y la publicación en medios de comunicación en diecisiete países europeos. Otro libro: "Public participation in science: the role of consensus conferences in Europe" se refiere a un instrumento que persigue avanzar hacia una configuración de opiniones o una racionalización de los debates por la vía del instrumento que los países nórdicos que han desarrollado y que Europa está intentando ver si es posible aplicar, que es el tema de las conferencias de consenso, al que no puedo referirme en detalle

Estos análisis ponen de relieve que nos encontramos todavía en una situación de imperfección que hay que ir evaluando y valorando mucho más. Son resultados que a pesar de todos los déficits dicen muchas cosas, a saber que los factores culturales juegan mucho más que la idea del déficit cognitivo. Esto significa una cierta revolución sobre ideas preconcebidas, por lo que la biotecnología está contribuyendo a una revisión de ciertas metodologías de la ciencia social. Hay además en Europa una gran diversidad, heterogeneidad y ambivalencia en los resultados de estas encuestas. Creo que con los pequeños datos que he presentado, se confirma la diversidad, heterogeneidad y las ambivalencias que también estaban presentes en los comentarios. Cabe preguntarse ante esta situación social cómo hace Europa una regulación homogénea. Por eso también digo que Europa todavía no se ha construido, en el sentido de que los intereses nacionales están primando siempre y continuamente frente a la idea de Europa común.

El debate social es necesario, yo estoy metido en ello de pleno y por eso coincido muchas veces con G. Alvaro y con Rafael Urrialde y con otras personas. Pero creo que se trata de un debate muy complicado, porque la temática es complicada y porque estamos ante una situación compleja. Tenemos que ser conscientes de ello e intentar eliminación sobrerrepresentaciones al pensar que todos estamos en posiciones de verdades absolutas, tenemos que relativizar actitudes ante este diálogo. Creo que hay nuevos principios e instrumentos que hay que ir aplicando, el principio de precaución que requiere a su vez mucha precaución sobre su aplicación. Los principios de equivalencia sustancial, que se aplican a alimentos, la divulgación de la que es la conferencia de consenso o la democratización del proceso científico o técnico son caminos por los que hay que transitar.

Termino simplemente con algo que no es específico de este Seminario, pero que me ha parecido muy importante a la luz de la declaración de Clinton y Blair sobre temas del genoma humano, como he subrayado en muchos sitios. Para avanzar en todas estas cuestiones por este mundo marcado por los paradigmas del liberalismo o capitalismo especulativo, hay que reivindicar cada vez más el papel de lo público y yo creo que la actuación de Clinton y Blair -con todos los intereses que hay tras ella, porque no hay nada desinteresado en la acción humana-, marcan la importancia que tiene lo público. Si lo que juega es la Bolsa, por su declaración, las acciones de la empresa Celera han bajado, la empresa Celera ha tenido que revisar su posición por lo que las acciones han vuelto a subir. Lo público tiene su importancia y lo público es lo que hay que reivindicar.

Jesús Lizcano: Pasamos a continuación al correspondiente turno de preguntas o intervenciones.

Pregunta de Francisca Fernández del Campo: Una de las primeras cosas que has mencionado, Emilio, es que vivimos en una sociedad de riesgo. Esta es una frase muy bonita, pero me encantaría que pudieras decir algo más al respecto relacionado con esta idea.

Respuesta de Emilio Muñoz: Estamos en un sociedad de riesgo evidentemente, el hecho mismo de vivir en una sociedad tecnocientífica lleva consigo riesgo, y aunque no viviéramos en ella también estaríamos en una sociedad de riesgo, aunque en otros riesgos. Estábamos antes en el riesgo de las sociedades primitivas, de las pandemias, etc. que todavía incluso sobreviven en algunos sitios. Tenemos un riesgo constante, salimos por la mañana en un automóvil, o viajamos en otro medio, tenemos la conexión eléctrica, tenemos una señora que se ha caído en un ascensor en Madrid, es decir estamos en una sociedad de riesgo; está absolutamente claro.

Esa sociedad de riesgo nos tiene que hacer ver claramente que es necesaria una evaluación social del riesgo. Esa evaluación social del riesgo es algo que tenemos que ir construyendo a su vez con toda una serie de metodologías, que con sus imperfecciones nos tienen que permitir avanzar por esa cuestión. De hecho ha habido ya trabajos que han incidido en medir como las sociedades aceptan riesgos y ya hay datos sobre estas cuestiones, medidas por metodología social y hay riesgos que las sociedades industrializadas están dispuestas a aceptar. Hay uno que es muy claro, a veces me desespero mucho con él, como el automóvil que es un riesgo que las sociedades avanzadas están absolutamente dispuestas a aceptar aunque sea más contaminante que nada, crea más riesgo social que nada, -para qué vamos a hablar de los fines de semana y de sus consecuencias.

Bien es verdad que como contrapartida al automóvil hay industria, hay puestos de trabajo, hay tantas cuestiones que condicionan la sociedad. Pero las sociedades industrializadas no están dispuestas a aceptar los riesgos de la energía nuclear. Hay terreno para el debate sobre ello. Lo que creo que ha ocurrido y está ocurriendo con lo que nos ocupa: -los alimentos transgénicos- es que las estrategias de oposición a las tecnologías de la vida y su aplicación a organismos vivos transgénicos están utilizando las mismas estrategias aplicadas a la energía nuclear, porque si estos análisis revelan que la gente en su situación actual todavía no sabe lo suficiente, ahí hay terreno para esa estrategia. Ese riesgo de la modificación genética o de la manipulación genética, es un riesgo que de momento la sociedad no está

dispuesta a aceptar. Alguien decía esta mañana, no es cuestión de buenos o malos, no hagamos una separación como los filósofos o científicos sociales han hecho de “modernismo frente a postmodernismo”. Seamos conscientes de que vivimos en una sociedad moderna con todas sus consecuencias y lo que hace falta es otro concepto que utiliza Beck, que practiquemos una modernización reflexiva o una reflexión acerca de la modernidad. Creo bastante en estas aproximaciones y muchas de las preocupaciones medioambientales que a veces se enfrentan se pueden analizar por esta vía, así como muchos de los conflictos entre un determinado colectivo frente a otro. Los agricultores pueden reaccionar muy negativamente ante alguien que diga que los pesticidas son inocuos, pero a su vez pueden reaccionar violentamente contra alguien que les diga que los cultivos transgénicos no les interesan porque ellos están viendo que de obtienen beneficios. Este es un esquema de lo que se encierra en este concepto complejo.

Jesús Lizcano: A continuación va a intervenir en el Seminario **D. Rafael Urrialde de Andrés**, quien representa a la Unión de Consumidores de España. Es doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid, especialista en Ciencias Ambientales y Director del Área de Salud de Unión Europea de España, y también Miembro del Comité Consultivo Agrícola de la Comisión de las Comunidades Europeas, de la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria, y de otros organismos que están interesados en estos temas, así como desde la perspectiva fundamentalmente de los ciudadanos como consumidores.

Rafael Urrialde de Andrés:

Muchas gracias, y agradezco mucho, antes que nada, que nos hayan invitado. En relación con el tema de los alimentos transgénicos, quisiera manifestar, en primer lugar, que las Asociaciones de Consumidores somos partidarias de considerar este tema *caso por caso y paso por paso*; sobre todo el BEUC, que ya se ha pronunciado, y en Edimburgo así se ha manifestado. Aquí, a nivel nacional, hay varias Asociaciones de consumidores, once en concreto a nivel nacional, y sólo hay una que ha dicho sí a la moratoria, pero mayoritariamente el movimiento de los consumidores es partidario del estudio *caso por caso y paso por paso* y del etiquetado.

Voy a hablar, en primer término, de los aditivos, que hasta hace poco tiempo eran los gran demonizados de la industria alimentaria. Uno de los grandes avances que ha hecho a este respecto la Unión Europea, ha sido armonizar todos los controles y la legislación en materia de aditivos. Un aspecto importante es que los aditivos pasan unos controles muy exhaustivos, se analizan y estudia caso por caso. Uno de los aditivos que más se ha criticado en determinados pasquines ha sido el E-330, que no es otro que el ácido cítrico, componente que da nombre por su presencia a los cítricos: naranjas, limones, limas, mandarinas y pomelos. Si fuera cierto las afirmaciones que sobre el E-330 se vierten en esos pasquines, no podríamos comer tampoco, los cítricos, naranjas, limones...

Pero para entender la dinámica que ha alcanzado el debate sobre la salud, uno de los argumentos en contra de los transgénicos que utilizan ciertos colectivos, hay que evaluar las circunstancias que rodean al debate. Una vez que han desaparecido los aranceles económicos, los países, impulsados por determinadas colectividades, se han inventado los aranceles sanitarios, y en cuanto surge el más mínimo resquicio, aunque no esté contrastado, de riesgo para la salud, se imponen barreras comerciales, que muchas veces conllevan proteccionismos económicos, e incluso a veces se legisla, con parámetros incumplibles para terceros países evitando que de esta forma puedan comercializar sus productos en Europa, protegiendo a los productos europeos de una forma indirecta. Pero por mucho que evitemos el riesgo, siempre va a poder existir una salmonella que contamine una mahonesa y producir una intoxicación; unos patés, como ha pasado en Francia, que contienen listeria monocytogenes, que si el consumidor tienen bajas las defensas, por el motivo que sea puede ocasionar muertos. Por otra parte, Clostridium botulinum que contamina un producto alimenticio que está mal envasado; esta bacteria produce la toxina botulínica, que es fulminante. Toda esta situación de riesgo,

está identificada y evaluada y con los análisis de peligros y puntos de control crítico se minimiza e incluso se evita, pero el riesgo siempre existe y puede aparecer en cualquier momento.



D. Rafael Urrialde de Andrés

Por todo esto es primordial informar con la máxima transparencia a los consumidores para formarles y que puedan elegir libremente en el mercado. Pero ¿a través de qué medios se informa a los consumidores a nivel europeo? Mayoritariamente por los medios de comunicación. Es decir, que los medios de comunicación son la mayor fuente de información de todos los consumidores, sean de un signo o sean de otro, sean de una corriente política o de otra, tengan más o menos conocimiento técnico. Depende del debate que aparezca en los medios de comunicación, serán la formación que tengan los ciudadanos.

Lo primero que tendríamos que explicar a los consumidores es: ¿Qué clase, o con qué clase de transgénicos estamos conviviendo hoy en día?. Yo particularmente, que el transgénico como tal, el organismo modificado genéticamente obtenido por recombinación, es más seguro que los otros transgénicos con los cuales estamos conviviendo, es decir de mutación inducida. Las mutaciones inducidas han sido ampliamente utilizadas desde hace más de 100 años, y no hay que evaluarlas, ni notificarlas, ni registrarlas, ni autorizarlas. Pero los transgénicos realizados por cruce sexual, tampoco hay que notificarlos, ni autorizarlos, y se han producido desde que el hombre es hombre, como es el caso del trigo.

En cuanto a los transgénicos con los que convivimos, habría de diferentes tipos: los utilizados en sanidad que se autorizan por la Agencia Europea del Medicamento, por ejemplo la insulina para los diabéticos, la insulina que se pincha un diabético es transgénica. La hormona del crecimiento, fué un gran avance de la transgénesis, porque hasta que se autorizó, a finales de los 80 la transgénica se extraía de hipófisis de cadáveres de personas para poder solventar los problemas de enanismo en los niños. Con ésto se eliminaron todas las contaminaciones que se hacía sobre los niños de enfermedades tipo Creuzeldt Jacob porque se extraía de la hipófisis. La hormona del crecimiento transgénica es mucho más segura.

Como se puede apreciar depende de cómo se aplique la técnica, habrá una correcta o no utilización para los usuarios. Existe un ejemplo claro: la energía nuclear; podemos estar o no a favor de las centrales nucleares, podemos estar o no a favor de las bombas atómicas, pero creo nadie estará en

contra del uso de la energía nuclear en radioterapia para curar el cáncer. Porque es una de las pocas vías que tienen los enfermos de cáncer para poder curar, con todos los riesgos que puede conllevar la técnica e incluso con el problema de residuos que se genera en la radioterapia. Depende un poco del uso que se haga y es donde tienen que entrar los políticos y es donde tendríamos que hacer presión, igual que con el caso de las patentes, para que hubiera otro tipo de debate y no este tipo de debate, si sí o no a la moratoria, yo considero que este tipo de debate es el que más le interesa es a Estados Unidos y a las multinacionales, y no el de las patentes.

Otro ejemplo es el de uno de los mayores excipientes utilizados en la producción de el almidón de maíz. Y si este almidón de maíz proviene de un maíz de Bt, es decir de un maíz transgénico, y supera una contaminación accidental del 1%, nunca habría que etiquetarlo como transgénico, y lo estamos consumiendo. En los medicamentos no se etiquetaría un producto que contenga un producto transgénico ni un producto, que por contaminación accidental, tuviera un contenido superior al 1% de proteína o ADN derivado de la modificación genética.

Otro es el factor 8 coagulantes, esto es, los que van a producir a partir de los animales clónicos, como los xenotrasplantes, o proteínas presentes o ausentes en leche de vacas para evitar intolerancias alimentarias, como las de los lactantes o postlactantes.

En el caso de la alimentación, hasta ahora los productos con enzimas transgénicos, tampoco se etiquetan. Aditivos, si se producen a partir de OGMs, ya hay que etiquetarlos, desde la entrada en vigor del Reglamento 50/2000; ingredientes alimentarios, ya sí hay que etiquetarlos; vegetales sólo los dos que van al consumo humano. Y luego hay unos que sí que se aceptan por parte de todos, sería las modificaciones genéticas que se han hecho en plantas resistentes a metales pesados, como los experimentados en Anazcollar, también se está experimentando con plantas resistentes a la sequía, o plantas resistentes a la salinidad.

Hasta la fecha hay 18 OGMs autorizados por la Unión Europea, y existe una moratoria de facto, porque se necesitan, 68 votos de los 86, es la mayoría cualificada, pero que no se alcanza por la negativa de 5 países. De los 18 OGMs, serían, por una parte, tres vacunas. Se ha visto que funcionan muy bien y por eso se va a empezar a producir vacunas en plátanos para humanos. Diferentes semillas, semillas de tabaco, luego está la soja, la achicoria, el maíz, la colza, pero sólo hay un maíz y sólo hay una soja destinada a consumo humano. Aparte de éstas tendríamos dos ornamentales, que son los claveles de mayor longevidad y claveles de cambio de color. Por cierto me comentaron en Murcia, que habían obtenido o habían identificado un gen, y que no lo habían podido patentar, porque ya lo tenían patentado los americanos, para plantas ornamentales. Otro OGM, que es el último que se utilizó, que es un kit de análisis para la detención de antibióticos en leche, aplicable para resolver otro de los problemas que se tiene ahora mismo con el uso de antibióticos en el ganado, que es poder detectar en la leche antibióticos.

Voy a hablar algo también de la *cobertura legal*, no del régimen de *autorización*, que es de lo que os ha hablado ya Elisa Barahona. Yo os voy a hablar de la que se está cada vez regulando más, y que es todo lo que ha pasado ahora, en manos de la Dirección General de Sanidad y Protección de los Consumidores de la Comisión Europea. Existe el famoso Reglamento 258, que se hizo muy mal, porque este Reglamento no estaba conceptualizado para los transgénicos, este Reglamento estaba conceptualizado para lo que se denomina nuevos alimentos o novel foods. En este texto se habla de la equivalencia sustancial, aunque se define de forma muy ambigua.

También se habla del riesgo para la salud humana, y por primera vez en un reglamento o en una Directiva de alimentación se introduce también el parámetro *salud ambiental*, al que se han agarrado mucho países para impedir el cultivo, y no la comercialización- de plantas. Lo más ambiguo es que hay que detectar, y no se dice bajo qué técnicas, la presencia de ADN o proteínas producidas por la modificación genética. Pero las dos decisiones anteriores a la entrada en vigor del Reglamento 258

había que regularlas, por este motivo se aprobó el 1.139, que ya introduce, la presencia de la proteína o del ADN derivado de la modificación genética. Con todos los problemas de identificación consideramos desde las Asociaciones de Consumidores que es imprescindible que se etiquete, siempre y cuando sea de forma, positiva, y no sea de forma demonizada, ya que si no la industria no etiquetará. El etiquetado, por otra parte, para las Asociaciones de Consumidores constituye una *cláusula contractual*, y lo que dice, es lo que tiene que tener, ni más ni menos.

El Reglamento 50/2000, por otra parte, ya fija las condiciones para los aditivos que provienen de organismos modificados genéticamente. En el caso de las enzimas no, porque las enzimas no están consideradas aditivos.

Aquí hay un cambio sustancial, que se produce con la nueva Comisión, que todos los reglamentos aunque no se transponen a legislación interna, son de obligado cumplimiento, pero tiene que haber lo que se llama codecisión con el Parlamento Europeo. Por lo tanto, cuando se aprueba esto, ya no lo aprueba la Comisión sola, lo aprueban también los eurodiputados, es un avance muy sustancial. Y ahora mismo en el Libro Blanco se contemplan ocho medidas para legislar, vía reglamento, para los alimentos transgénicos, y para legislar sobre cultivos transgénicos. Luego hay otra medida para legislar a los alimentos que digan que no tienen transgénicos, en este sentido en 1999, se aprobó y publicó el Reglamento 9.031, que es de ganadería ecológica y que modifica el 2.091, como se puede apreciar en una Asociación de Consumidores, y se sea biólogo, se tiene que mantener la legislación muy viva, porque si no es difícil controlar el mercado. En este Reglamento que ya está en vigor, se prohíbe taxativamente que en la agricultura ecológica se utilicen organismos modificados genéticamente. Yo creo que fue un gran avance, porque de esta forma se preserva ese otro producto, que habrá que controlar, para supervisar, etiquetar, y ésto fué un gran avance, hay que partir de la base que el concepto de agricultura ecológica es toda una filosofía, y que los consumidores de estos productos tienen todo el derecho a preservar sus productos de otras técnicas.

Voy a exponer los *pros* y los *contras* que nosotros evaluamos. En el caso de las patentes, a mí me hubiera gustado que el debate de los transgénicos se hubiera centrado en que hubiera patentes públicas, o en que los Estados pagarán por tener derecho a utilizar las patentes de determinados avances, para que se aprovechen de esta técnica todos los ciudadanos, si no mucho me temo que ocurrirá como con los medicamentos, que los de última novedad y caros solo tienen acceso los países ricos, y mientras los países pobres, como es el caso del sida, ven diezmada su población.

En cuanto a la seguridad alimentaria, las alergias *per se*, se producen en seguridad alimentaria, intolerancia a la lactosa, anisakis, intolerancia a la albúmina, alergia a la felinalanina. Hay una multitud (aproximadamente entre un 15 y 20%) de ciudadanos que es alérgico o intolerante a algún tipo de alimento. No se ha visto, hasta la fecha, donde están más generalizados los transgénicos, que exista un incremento, con datos epidemiológicos, que haga sospechar que va ligada una alergia, una intolerancia alimentaria, al consumo de un producto transgénico. Y quiero decir ésto muy claro, porque con los datos epidemiológicos es como adoptamos todas las medidas. Por ejemplo, hubo siete muertes por listeria monocitógenas a partir de patés de una fábrica de Francia, y se retira automáticamente en todos los países los patés de esa marca, o del lote correspondiente si se ciñe a un único lote. Por ejemplo, el caso del clenbuterol; cuando el clenbuterol ya se diagnosticó su intoxicación, que producía cefaleas, taquicardias y vómitos, automáticamente ya se podía actuar; porque con la epidemiología, que creo que es un gran avance de las sociedades desarrolladas, se puede trabajar de una forma muy rápida y muy concreta, y sobre todo en las crisis alimentarias, toxicidad y etiquetado.

El etiquetado para nosotros es primordial, y por una sencilla razón, no sólo por información, sino por relación contractual. Si se dice que tienen, es verdad que tienen, y si se dice que tienen, puede que tengan, o no, y el que quiera que elija un producto o que elija otro producto. Pero no se puede *demonizar* una técnica, o que sea un etiquetado negativo, porque entonces pasa lo que pasó con

Nabisco, en el momento que empezaron a etiquetar, sufrieron un bloqueo, y dejaron de etiquetar. Hay muchos productos sobre los que nunca vamos a saber si se utilizan transgénicos o no se utilizan transgénicos. En todos aquellos que después la industria transformadora los somete a un proceso térmico, es muy difícil detectar si llevan ADN o no llevan ADN. Purificar ya es casi imposible, se puede detectar en producto que no haya sido sometido a ningún tratamiento térmico, pero en los demás es muy difícil, a no ser que haya técnicas que lo pongan más de manifiesto.

En cuanto a los *aspectos sanitarios*, esta mañana se ha hablado de los marcadores de resistencia a antibióticos; yo no voy a hablar más de este tema. Soy miembro de la Agencia del Medicamento en representación de consumidores. En la resistencia a antibióticos, el problema es el consumo irracional de antibióticos que se están llevando a cabo. El tomarse la *pastillita* sin prescripción facultativa, y no mantener siete días el tratamiento, es el gran problema de los antibióticos. Además, hay otro problema, como es el antibiótico usado en producción animal y sobre todo como promotores de crecimiento, que tampoco llega a ser el que genera la resistencia.

Voy a citar palabras de José Ignacio Cubero, Catedrático de Genética de la Universidad de Córdoba, que dijo en una de las mesas en las que yo he participado, que el 40% de la flora bacteriana de los hombres, es resistente a los antibióticos. Efectivamente, yo no había caído nunca en eso, si no cada vez que consumiéramos un antibiótico, quiero decir el efecto que haría sobre el aparato intestinal durante cinco o seis días.

Para mí hay aquí un problema primordial, que es el de la salud laboral, con los pesticidas y los herbicidas, y que nadie comenta. Cuando me presentaron el maíz Bt, yo dije, en primer lugar, que si no hay que utilizar pesticidas, sería un maíz respetuoso con el medioambiente, no voy a decir ecológico, porque ecológico es otro término, y en segundo lugar, respetuoso con los agricultores. El gran problema de los pesticidas, no es lo que nos llega a los consumidores; el gran problema es la gente que tiene que fumigar con los pesticidas, aquí es donde se están detectando las malformaciones congénitas y los índices de tumoración. Es de los agricultores el problema, más que en nuestro consumo, y ahí es dónde no habría que utilizarlos.

Yo veo otro gran avance con el maíz Bt, sobre el que no creo que haya que generalizar; en España sólo habría que plantar maíz Bt en aquellas zonas donde haya problemas de taladro. Nos estamos encontrando en seguridad alimentaria hoy por hoy con un gran problema, que son las micotoxinas. Lo que se ha dicho claramente es que, si no hay taladro, no hay micotoxinas, porque no hay grano agujereado y no puede penetrar el hongo. En cambio en lo convencional con pesticidas e incluso en agricultura ecológica, el gran problema que está produciendo, por las condiciones de almacenaje, y eso sí que son problemas a largo plazo, son las micotoxinas. Porque en el momento que un grano tiene un agujero, ahí penetra el hongo y ese hongo al final genera la micotoxinas.

Finalmente, voy a hablar de los *aspectos medioambientales*, de la biodiversidad. Yo coincido bastante con que hay que perseverar la biodiversidad, pero en aquellas zonas donde no haya variedad silvestre, por ejemplo la patata, que vino de Sudamérica. El maíz a España vino de Sudamérica, y apenas hay aquí maíz silvestre. En el caso del tomate ocurriría lo mismo, además la experiencia nos indica que durante siglos no ha habido polinización cruzada entre diferentes especies, tanto agronómicas como que no lo sea, es decir tampoco ha existido un trasvase de material genético de la patata, o el tomate, o la naranja a especies autóctonas. Estamos hablando de plantas de cultivo, no estamos hablando de otro tipo de plantas. Si aplicamos los mismos criterios que tenemos que aplicar en biodiversidad a los transgénicos, vamos a aplicarlos a todo, y que desaparezca el kiwi, la piña tropical, el tomate, el maíz, la patata, la judía.

En cuanto a la polinización cruzada con variedades silvestres, si existen, por ejemplo, en el caso de la remolacha en Francia, podría haber problemas, por lo tanto, a lo mejor la remolacha no habría que autorizarla allí. Podría ser una situación de valoración de resistencia a antibióticos; hay que

hacer los nichos para que no se produzcan estas situaciones. En cuanto a aspectos agronómicos, por ejemplo, polinización cruzada con agricultura ecológica, éste es un problema y habrá que estudiar caso por caso. El polen del maíz vive muy poco tiempo y recorre muy poco espacio de tiempo; aproximadamente entre seis y diez metros. Con haber unas limitaciones superiores a quince metros, estamos garantizando tanto la agricultura convencional como a agricultura ecológica. Pero por ejemplo en la colza, se sabe que el polen viaja muchísimo y dura mucho tiempo, entonces habrá que fijar otro parámetro, y a lo mejor uno sí que hay que autorizar, y otro no. En cuanto a los rendimientos, para el maíz Bt, lo que han manifestado los agricultores, es que aproximadamente se duplica el rendimiento económico de la cosecha, en zonas que son susceptibles al taladro.

El gran problema que se está produciendo con la moratoria, es la monopolización de las semillas, que las van a tener cuatro si seguimos a este paso. De las doce empresas que hay en España, al final sólo quedarán tres: Monsanto, Agrago y Novartis. Todas las demás no pueden seguir en esta dinámica. Si seguimos en esta dinámica, a mi juicio, es hacer el juego a las grandes multinacionales. China y Suiza han llegado y ha dicho “se acabó” de forma tajante. Otro argumento que se esgrimía hasta ahora es que no existían transgénicos con interés social, aunque a nuestro juicio el maíz Bt si lo tenía, por ser respetuoso con el medio ambiente, con la salud laboral y salud pública, ahora también se ha creado transgénico que tiene interés para la sociedad, a nivel salud y a nivel nutricional, es el arroz, ya se ha dicho, con β -carotenos, precursores de la vitamina A. El mayor índice de ceguera en todo el mundo está en China, como consecuencia del consumo de monodieta de arroz, por carencia en precursores de la vitamina A o por falta de vitamina A. Si también decimos esto que no, estamos limitando el avance. Hay gente que tiene (por ejemplo en España, dos millones de ciudadanos), que son los celíacos, que no pueden consumir productos que estén hechos con cereales con gluten. Si se saca un trigo sin gluten, sería una solución, pero están muy preocupados porque se puede producir otra situación inversa.

Otro caso es la cerveza; en España se hace con almidón de maíz para que sea más dulce, si empiezan a utilizar almidón transgénico y se detecta o lo dicen, porque parece ser que con el proceso de producción de la cerveza no se detectaría, se tendría que etiquetar. Si se detecta habría boicot y el sector cervecero, el sector está preocupado ya que si ocurre algo, se sustituiría el almidón de maíz por almidón de trigo; si utilizan almidón de trigo, los celíacos no podrían consumir a partir de ese momento cerveza, porque llevaría gluten y les produciría los trastornos gastrointestinales que sufren por consumo de productos con gluten. Podríamos generar otro problema añadido de salud pública de forma indirecta.

Por último, me voy a referir a un gran problema, y que es un gran debate de la sociedad: países *ricos* frente a países *pobres*. Es el gran debate en el cual tenemos que entrar, y que está marcando un poco las distancias entre unos países y otros, no digo Norte-Sur, porque creo que en el Sur hay algunos países muy ricos como puede ser Australia, y en el Norte hay algunos países muy pobres como pueden ser Polonia, Yugoslavia, etc. Con los transgénicos puede ocurrir como con los medicamentos. Mientras dura la patente, en todos los casos y en este también es de veinte años, revierte todo el gasto de investigación y desarrollo hacia la industria. Luego salen los genéricos, pero los genéricos en España aproximadamente suponen un 2%, única y exclusivamente, porque ahí tienen un instrumento muy fuerte las multinacionales, donde tendríamos que hacer fuerza es para que hubiera patentes por parte de los poderes públicos, por parte de los Estados y que con esas patentes nunca se negociara.

Pregunta de un asistente: Por un lado, querría saber cuál es el criterio que se utiliza para etiquetar o no etiquetar un producto, y por otro lado, si puede explicar algo más respecto a la mutación inducida, si hay que registrarla.

Respuesta de Rafael Urrialde: En cuanto al etiquetado, todo producto alimenticio que contenga la proteína o el ADN de una modificación genética, es decir, si contiene la soja modificación genéticamente dirigida al consumo humano o de maíz, habría que etiquetarla. Luego hay otra salvedad

que es, si tú piensas que el proveedor no estás produciendo o llevando a cabo utilización de material genético en tu proceso de elaboración, pero por circunstancias tienes una partida que ha venido y no sabes de dónde ha venido, porque no sabes la trazabilidad, y si tú en tu control detectas una contaminación accidental superior al 1%, también tendrías que etiquetar.

Siempre se tendría que etiquetar, en producto elaborado, y en producto no elaborado, pero tiene que haber presencia de la proteína o el ADN: por ejemplo, en un aceite de maíz si no hay la proteína o no hay el ADN, no habría que etiquetar este aceite, provenga de maíz transgénico o provenga de otro tipo de maíz. Un almidón de maíz es un hidrato de carbono, si no contiene la proteína o el ADN, no hay que etiquetarlo. El aditivo, si proviene de un organismo modificado genéticamente hay que etiquetarlo. Hay que etiquetarlo a partir del 12 de abril, porque el reglamento 50/2000 tiene un período de noventa días de entrada en vigor y a partir del 12 de abril entraría en vigor.

Hay que tener en cuenta que los Reglamentos entran en vigor casi inmediatamente, a los 90 días, mientras que en las Directivas hay una transposición de dos años. Es un proceso de legislación diferente. En el caso de las mutaciones inducidas o la genética clásica, como no ha habido recombinación, no hay que pedir ni notificación ni registro, va como cualquier otro alimento, se pone en circulación, y ya está. Estos alimentos tienen que pasar una evaluación toxicológica muy alta para que puedan ser autorizados, los demás alimentos no.

El registro sanitario es para las empresas, no para los productos, los productos que tienen única y exclusivamente ya registro, son los medicamentos, los demás no. Por otra parte, están los dietéticos, que tienen una notificación y registro, algunos, y por otra parte, están los productos “milagro” que no sabe nadie lo que son, ni se basan en métodos científicos. El alimento no tiene ningún tipo de registro.

Pregunta de un asistente: Quisiera hacer a Rafael dos preguntas: Cuando hablas de que los agricultores te han comentado que el rendimiento se duplica, ¿sabes a qué se refieren, a que el número de kilos por hectárea se duplica, o a que el rendimiento económico se incrementa como consecuencia de no utilizar plaguicidas?. La segunda pregunta se refiere a la utilización de plaguicidas, a la planta del maíz modificado con Bt, que está produciendo la toxina del bacillus thuringiensis desde que nace, probablemente hasta que se acumula en el proceso; lo que quería plantear a este respecto es: ¿Se sabe el efecto que puede tener esta toxina, si se acumula, al consumirla, por los humanos?.

Respuesta de Rafael Urrialde: En cuanto al rendimiento económico, hace quince días hubo unas Jornadas, organizadas por el Consejo Económico de la Universidad de Extremadura, y estaban allí agricultores que plantan maíz Bt; el 99% en el Bt es la toxina de bacillus thuringiensis y lo destinan mayoritariamente a piensos para animales, y ellos fueron los que dijeron el dato de que aproximadamente se duplica el rendimiento económico. Yo entendí que con los costes incluidos, que podrían ser superiores por la semilla, lo que hacían era duplicar el beneficio.

En cuanto al plaguicida Bt, la toxina de bacillus thuringiensis se puede digerir por el hombre y por casi todos los seres vivos, a excepción de los insectos; por eso se permite en agricultura ecológica. En la agricultura ecológica está prohibido utilizar pesticidas, tienen que utilizar o fumigar con Bt y cuando fumigan, fumigan la plantación entera, no van planta por planta. Lo que habrá que hacer es que donde está esa plantación, y hay animales que pueden comer maíz, o insectos, como fue el caso de la mariposa monarca, en ese momento hay que poner las medidas correctoras. Lo que ocurre es que según los datos recientes, con un 40% en Estados Unidos de terreno cultivable de maíz destinado al maíz Bt, lo lógico era haber pensado que las mariposas monarcas, la población hubiera descendido, y en cambio ha aumentado sustancialmente; parece ser que las larvas de mariposa monarca no comen polen Bt, y menos en las condiciones del estudio.

Jesús Lizcano: Pasamos a continuación a la última ponencia o exposición en este Seminario, que es la que va a llevar a cabo **D. Gregorio Alvaro Campos**, Doctor en Ciencias Químicas por la

Universidad Autónoma, y Licenciado por la Universidad Complutense. En el año 1983 inició su carrera de investigador en el campo de biotecnología y es profesor del Departamento de Bioquímica, Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense, aunque aquí viene como coordinador del Area de Biotecnología de una entidad que es Ecologistas en Acción.

Gregorio Alvaro Campos:

Quisiera dar las gracias a la organización por invitarme aquí, aunque hecho de menos que la mesa hubiera estado un poco más equilibrado, y no hubieran sido todas las intervenciones en un sentido y sólo ésta en el otro sentido. Los transgénicos están provocando efectivamente un gran debate, porque estamos hablando del futuro de la agricultura mundial y del futuro de la producción mundial de alimentos. Esto afecta a todos los sectores de la sociedad, absolutamente a todo el mundo porque todo el mundo tenemos que comer y por lo tanto es un debate que tiene que se decidido por la sociedad.



D. Gregorio Álvaro Campos

Este debate tiene lugar en unas condiciones y unas circunstancias de una economía globalizada que no podemos eludir, porque si lo eludimos lo que estamos haciendo es no ver el debate en su propia media. Estamos en un mundo de producción barata de alimento que está destruyendo el medioambiente. Estamos en un mundo donde los alimentos se tiran para mantener los precios. Estamos en un mundo donde la calidad de los alimentos son cada vez peores, cada vez estamos comiendo peor. Estamos en un mundo donde el agricultor no decide lo que planta, ni el consumidor decide lo que consume, y en este contexto no hay que olvidar esos escándalos ocurridos debido al interés económico, como el caso de las vacas locas, el caso de los pollos contaminados con dioxinas, una ganadería intensiva en la cual se utilizan antibióticos para dar que crezcan más rápido los pollos y los animales y luego una utilización intensiva de agrotóxicos que lo que lleva es a una destrucción de los campos de cultivos y a unas plantas cada vez peores.

En este contexto evidentemente es la sociedad la que tiene que decidir y si efectivamente hay que poner sobre la mesa los aspectos técnicos, los aspectos científicos-técnicos, éstos tienen que estar

evaluados. Sobre la mesa también hay que poner otros aspectos que son entre otros los que voy a hablar aquí.

Tal como se ha planteado esto, parece ser que el mundo científico está a favor de los transgénicos y luego la sociedad, los ecologistas, etc, están en contra. Yo soy científico, vengo como ecologista pero vengo también como científico, quiero decir que el mundo científico está dividido. Normalmente a estos debates no se traen a ecólogos que serían los que tendrían que decidir acerca de cuál es el impacto de liberar al medioambiente un organismo modificado genéticamente, se suelen traer gente que hemos visto en esta mesa que todas las opiniones científicas eran favorables y en este sentido quiero decir que hay ahora mismo la Asociación Médica Británica que ha dicho que hay que tener cuidado con los alimentos transgénicos. Es asociación médica que tiene más de 100.000 afiliados, han pedido moratoria para los alimentos transgénicos. Estamos hablando de una asociación de científicos preocupados que tienen más de 100.000 afiliados que también están pidiendo moratoria y precaución en ésto.

Con los transgénicos ¿qué se nos está vendiendo? Con los transgénicos básicamente se nos está vendiendo cuatro cosas: Se va aumentar la producción de alimentos, es decir vamos a eliminar el hambre en el mundo. La producción de alimentos va a ser medioambientalmente mejor, es decir se van a utilizar menos plaguicidas, herbicidas para la producción de estos alimentos. Estos alimentos son científicamente seguros, se ha dicho bastantes veces ahora. Los organismos reguladores nos están protegiendo a los ciudadanos y si estos organismos se legalizan estamos protegidos y no tenemos por que preocuparnos.

Voy a tocar cada uno de estos temas en la medida de lo posible, voy a empezar hablando sobre el tema de que los alimentos son científicamente seguros porque ha sido un tema que se ha insistido bastante aquí, ya digo que yo vengo no sólo como ecologista sino que vengo también como científico y quería expresar otras opiniones que tiene la ciencia en este tipo de alimentos.

Para empezar, he de decir que la ingeniería genética es una tecnología, surgida en el año 1975, que no tiene nada que ver con la mejora genética clásica, porque rompe la barrera entre especies que la ha mantenido la naturaleza y si se la ha mantenido es por algo, si esos genes se han mantenido o se paran evolutivamente, esas especies y si esos se mantiene es por algo. Se rompe la barrera entre especies y la ingeniería genética es una tecnología muy potente, una herramienta muy potente, quiero dejar claro porque luego siempre se me acusa de lo mismo, no estoy en contra de la ingeniería genética como una tecnología o como una herramienta en investigación. Lo que estoy en contra es que ésto se haga la comercialización de una forma rápida sin aplicar las debidas precauciones y se vaya al ritmo de las cotizaciones en Bolsa de las compañías de biotecnología que ésto es lo que realmente se está haciendo actualmente.

La ingeniería genética es una tecnología muy potente para conocer el mecanismos genético de las células de microorganismos, plantas u organismos superiores, pero la ingeniería genética por ser muy joven es una herramienta muy burda y muy tosca para diseñar organismos vivos que luego van a ser liberados al medio ambiente.

Siempre en ingeniería genética lo que se hace es manipular o permite cortar y pegar genes y llevarlos de unos organismos a otros. Tanto en los seres superiores, por ejemplo tengo aquí el número de genes del ser humano, se calcula que son unos cien mil, todavía no se sabe porque se está haciendo ahora el proyecto genoma humano, en las plantas superiores el número de genes es parecido, puede ser un poquito inferior, pero es muy parecido, en el maíz estamos hablando del orden de setenta u ocho mil genes muy parecido al del hombre.

De todo este genoma del ser humano tiene aproximadamente tres mil millones de bases, que son las letras que están en el genoma, pues los genes representan aproximadamente en el hombre un

3% ó 4% y las plantas aproximadamente parecido. Un 95% del genoma de las plantas y de los animales superiores no se sabe para qué sirve, no hay ningún científico en el mundo que sepa para qué sirve este 95% del genoma, sólo se sabe que los genes generan una proteínas que cumplen una determinada función pero no sabemos cuales son estas funciones para una gran parte de los genes. Es decir que podemos saber su secuencia, tenemos la técnica suficiente para hacer la secuencia pero sabiendo la secuencia no sabe para nada la función, es decir la relación de estructura función no se conoce para nada. La ingeniería genética permite saber sobre las proteínas que generan estos genes, pero como ya decimos existen un 95% del genoma que no son genes y no sabemos absolutamente nada de para qué sirve.

Por otro lado, desde que obtenemos una proteína hasta que se forma un organismo superior como puede ser una planta o una persona, éstos se deben conformar primero los orgánulos celulares, todo esto con la misma información genética, porque todas las células tienen la misma información genética. Se tienen que formar los orgánulos celulares, se tienen que formar las células, se tienen que formar los tejidos, los órganos, los sistemas para llegar a la persona o a la planta. De todos estos procesos que existen entre la proteína y la planta o la persona, no se sabe absolutamente nada o se sabe muy poquito, se sabe mucho de la transcripción de un gen de una proteína, el gen éste representa un 10% el ADN y se sabe muy poco.

Luego por otro lado, la expresión de los genes, el que una planta o un animal tenga unos determinados genes, no significa que estos genes se expresen, por ejemplo si cogemos dos células de una misma persona, una célula cardíaca y una célula neuronal, estas dos células por ser de la misma persona tiene exactamente el mismo material genético, pues teniendo el mismo material genético, estas dos células tienen formas diferentes, funciones diferentes, utilizan nutrientes diferentes y producen desechos diferentes. ¿Esto por qué es debido? Es debido a que el medioambiente que rodea estas dos células es absolutamente diferente, el medioambiente, las señales físicoquímicas que rodean a estas dos células son diferentes y están provocando que se enciendan y se apaguen genes diferentes y eso es lo que da lugar a que las células sean diferentes.

En el desarrollo de una persona o una planta influye mucho durante todo su desarrollo y más cuando está en el seno de la madre, el sistema hormonal. El sistema hormonal es el director de orquesta, por decirlo de alguna forma, de que se enciendan unos genes o se enciendan otros genes, y es lo que determina que en un momento determinado cuando se está desarrollando el feto se produzca un brazo, en una planta se produzca la floración, etc. Tenemos absolutamente los mismos genes y todos estos fenómenos se desconocen en su gran mayoría.

Por otro lado con respecto a los genes que es lo que se habla aquí, éste es un artículo con que salió en la revista Nature, se cogió una bacteria sencilla que estaba en el tacto urinario y lo que se hizo para ver cuántos genes se necesitaban mínimo necesarios para la vida. Lo que se hizo a la bacteria fué ir quitando genes hasta que no pudiera vivir. Se vió que aproximadamente se necesitaban 350 genes para poder vivir. Estamos hablando de una planta superior del orden de 80.000, 90.000 genes y resulta que de estos 350 genes que se necesita para vivir, se desconoce aproximadamente de 111 de ellos se desconoce la función que tiene, es decir un tercio de estos genes en el organismo más sencillo, se desconoce la función que tienen.

Estamos hablando de una tecnología que es muy potente, pero que tiene muchos interrogantes. En el caso de las plantas, por ejemplo, los genomas es algo muy dinámico, los genes no se quedan en el sitio sino que muchas veces cambian de lugar y todo esto también se desconoce bastante. En Arabidopsis por ejemplo, la movilidad entre los genes, entre los cromosomas es bastante alta.

El que haya grandes lagunas en el conocimiento, es lógico porque es una ciencia muy joven, lo que pasa es que nos quieren imponer una comercialización rápida, sin ver cuáles son las consecuencias de la implantación de estos organismos vivos modificados genéticamente en el ambiente y cuando los

comemos. A modo de ejemplo para saber la imprevisión de lo que puede ocurrir cuando se libera al medio ambiente una especie nueva, por ejemplo el mayor lago de África se está muriendo porque se ha introducido allí una especie foránea como es el jacinto de agua que extendiéndose como una plaga y puede llegar a cubrir toda su superficie.

Cuando nosotros introducimos una especie nueva, las consecuencias no tienen por que ser a corto plazo, puede ser a largo plazo que tienen que pasar muchos años para que esta especie se pueda convertir en una especie invasora. Ocurrió con los cangrejos de río americanos con los que se repoblaron los ríos españoles o como ha ocurrido con el conejo en Australia. Esto no se puede predecir, porque las relaciones que existen en el medioambiente entre los diferentes microorganismos, plantas y animales que pueblan un ecosistema o un nicho ecológico son ahora mismo muy desconocidas y los que tendrían que hablar, que nunca se les da la voz serían los ecólogos, porque el que hace la ingeniería genética en un laboratorio, sabrá mucho de cambiar genes pero poco de lo que va a ocurrir cuando esa bacteria, esa planta se libere al medioambiente.

Las compañías han invertido mucho dinero y tienen que recuperar rápidamente, es decir, no suele parar el estudio sobre posibles problemas a largo plazo y entonces según dice Monsanto, la ciencia de la vida la define la velocidad y tienen que ser los primeros en sacar el producto y la velocidad porque si no lo hacen ellos se lo va a hacer la competencia como puede ser Novartis o Dupont. Están hablando no de riesgos para el medioambiente, para la salud, sino lo que se está evaluando las cotizaciones en Bolsa de los productos de las compañías.

En cuanto a que las autoridades nos protegen, voy a poner algunos ejemplos. En el caso del desastre que hubo con el Erica en Francia, sabéis que hubo un vertido de petróleo, los consejeros del gobierno que minimizaron el desastre estaban pagados por las petroleras. Un accidente nuclear muy grave que hubo en Japón, se había dicho que Chernobyl sólo podía ocurrir en los países del Este por las bajas medidas de seguridad, esto ha ocurrido en un país como Japón. Aquí se mezclaron en un recipiente 16 kilos de material fisionable, cuando sólo se pueden mezclar 1 kilo y pico, porque a partir de 1 kilo y pico se alcanza la masa crítica. La compañía no tuvo ningún problema en tener recipientes para mezclar 16 kilos, para producir más y una vez más lo que importa el rendimiento económico y no la seguridad.

Con respecto a los alimentos decir que las autoridades nos protegen, pues en medicina que teóricamente es donde tiene que haber más controles, resulta que los investigadores de Estados Unidos ligados a las compañías biotecnológicas han ocultado el 94% de los fracasos en terapia génica. ¿Por qué les han ocultado? Porque las acciones de sus compañías bajarían cuando estos datos se hicieran públicos. Unas veces nos engañan los gobiernos, otras veces son los propios investigadores ligados a las compañías los que engañan a los gobiernos y otras veces son las propias compañías las que nos engañan. En el caso de la compañía Delta Pine, ahora filial de Monsanto, tenía 660 toneladas semillas caducadas de algodón impregnadas con 4000 Kg de agrotóxicos y como no se podían deshacer de ellas en EE UU, se deshicieron de ellas en Paraguay donde las leyes medioambientales son mucho más relajadas y las tiraron en un pueblo llamado Rinconí donde ha contaminado los campos de cultivo, los tiraron al lado de una escuela, está habiendo problemas sanitarios bastante grandes. Cuando en un país no pueden eludir las leyes lo hacen en otros países, para eso son multinacionales y se pueden mover libremente por el mundo.

Con respecto a los cultivos que existen, se nos ha dicho que los cultivos van a ser capaces de ser resistentes a la sequías, se nos hacen muchas promesas sobre los cultivos transgénicos para ablandar a la opinión pública, pero vamos a ver la realidad de lo que se está cultivando hoy día en el mundo, vamos a ver si estas cosas que nos prometen es lo que existe en el comercio mundial o no.

En el año 1998 los datos que tengo, no tengo datos de 1999 pero son muy parecidos, han aumentado de 33 millones de hectáreas a 40 millones, pero la proporción de cultivos se ha mantenido

aproximadamente igual. Sólo hay dos tipos de cultivos transgénicos, los cultivos resistentes a los herbicidas que son el 71% de la superficie transgénica cultivada en el mundo, el resto 28% son cultivos que producen una toxina, que son los cultivos “Bt” que ya se ha hablado aquí ya, el otro 1% son cultivos que tienen las dos características y menos de 1% son cultivos que tienen otras características, es decir no hay ningún cultivo ahora mismo que esté destinado a ser resistente a la sequía ni a producir más cantidad de alimentos, los cultivos que hay fundamentalmente el 70% cultivo resistente a herbicidas que como ha dicho antes el caballero, son cultivos resistentes al herbicida que fabrica la propia compañía, te venden el herbicida y te venden la semilla transgénica.

Los cultivos transgénicos tienen posibles problemas para la salud, pueden producir alergias alimentarias porque hay proteínas nuevas. Está el problema de resistencia a antibióticos, se ha hablado aquí que el riesgo es cero, eso no es verdad, hay científicos como Patrice Courvalaine que es el Director de Enfermedades Infecciosas del Instituto Pasteur que dice que es una responsabilidad poner genes de resistencias a antibióticos en estos cultivos, máxime cuando tecnológicamente no son necesarios. Se están poniendo única y exclusivamente porque las compañías los tenían así y no quieren gastarse más dinero en desarrollar los nuevos cultivos que se están desarrollando si se lo han quitado, pero aquí lo que está primando el interés económico y no la salud de las personas.

Luego el otro problema es el problema de que se produzcan sustancias tóxicas que no se producían en el cultivo no transgénico, eso ha ocurrido con el triptófano transgénico que lo que se hizo fué introducir un gen de la propia bacteria, no se introdujeron genes extraños, era un gen de la propia bacteria para que produjera más triptófano y se produjo el efecto tóxico, parece ser que era un intermedio metabólico, el metil glioxal, el responsable de la intoxicación

Por otro lado en el experimento del Dr. Arpad Puzstai las ratas que enfermaban no eran las ratas que se les ponían la patatas más la lectina, había tres poblaciones de ratas, no sólo dos, había una población de ratas que se las alimentaba con patatas normales, otra con patatas más la lectina y otras con patatas transgénicas que incorporaban el gen de la lectina. Las que enfermaban y las que tenían problemas serios eran las ratas alimentadas con patatas transgénicas. Sobre la salud hay efectos a largo plazo que se desconocen porque no se han estudiado.

Con respecto al medioambiente, simplemente decir que estas plantas respecto al medioambiente, la gran mayoría de ellas son plantas resistentes a un herbicida, Monsanto ha disparado su venta de herbicida, Monsanto ha pedido en Estados Unidos que se aumenten los restos, las plantas cuando llegan al mercado llevan una cantidad de restos de herbicida, Monsanto ha pedido que la concentración de estos restos se aumenten porque evidente van a tener mas restos de herbicidas. Monsanto ha disparado sus ventas de herbicida y estas plantas no son más productivas, no producen más. Hay diversos estudios sobre productividad de estas plantas, en estos estudios independientes en ningún caso se obtiene mayor productividad. En un caso sobre 3.846 campos de soja EE.UU. la productividad fué un 4% menor y otro estudio referido a 8.200 campos de soja la productividad produce rendimientos menores un 5% con respecto a las variedades convencionales. El cultivo de soja resistente al glifosato incrementa el uso de herbicidas entre dos y cinco veces en comparación con otros sistemas y diez veces mayor que el uso de herbicidas en sistemas de control integrado.

En 1999 aparecieron cada vez más mala hierba resistentes a glifosato lo que incrementó el uso de éste en Estados Unidos, es decir, las plantas resistentes a herbicidas no aumentan la productividad y lo que hacen es aumentar el consumo de herbicidas.

Antes hablé de los herbicidas round up y basta que son los herbicidas de Monsanto y de Novartis uno de ellos es el herbicida de Monsanto, este herbicida es el herbicida en cuanto a riesgo para la salud, está en el cuarto lugar de pesticidas causantes de trastornos a la salud de los trabajadores agrícola y hay citadas muertes y con respecto al medioambiente es uno de los herbicidas más tóxicos. Monsanto en Estados Unidos sacaba una etiqueta que decía “medioambientalmente bueno” y tuvieron

que retirar la etiqueta ésta porque un juez determinó que la quitaran porque era un herbicida que tiene bastantes problemas para el medioambiente.

Con respecto a la persistencia en el tono que es otra de las cosas que se dicen, es bastante persistente, pero esta clase de herbicida para que sea poco persistente en el entorno, para que sea hidrosoluble, se le añade un tensioactivo cuyas propiedades venenosas son aún más grandes que las del propio herbicida. Con respecto al glufosinato que es el otro herbicida que fabrica la compañía Norvartis, las propiedades tóxicas son muy parecidas.

Con la revolución verde nos dijeron “agrotóxicos o hambre”, con la revolución verde se incrementó la producción de alimentos, pero tenemos que tener en cuenta que la producción de alimentos se incrementó mucho más que el aumento de la población en la Tierra. Eso significa que aumentó la producción de alimentos pero las hambrunas se aumentaron, es decir, desde que empezó la revolución verde hasta ahora las hambrunas han aumentando aunque la producción de alimentos aumentó más que la población. Con los transgénicos nos dicen lo mismo, los que fabricaban los agrotóxicos son los que están fabricando los transgénicos. Revolución biotecnológica transgénicos o hambre, es un poco el mismo argumento. Con respecto al hambre no voy a comentar nada porque hay alimentos para todo el mundo ahora mismo, el problema del hambre es un problema de justicia social y no de producción de alimentos. Además en un estudio sobre Estados Unidos sobre diez años que la agricultura ecológica rinde igual que la convencional o incluso si lo consideramos desde un punto de vista del medioambiente mucho más, porque aquí no se tiene en cuenta la contaminación en aguas y en campo de cultivo de la agricultura ecológica. Este es un estudio durante diez años, no es de una cosecha.

Las compañías de biotecnología se han metido en un proceso en el cual han gastado mucho dinero y quieren rentabilizar ya, para ello piden las universidades hagan la investigación en I+D y así ellos luego recogen el fruto de la investigación vendiendo los productos. Están en un proceso de fusiones que tenemos que tener en cuenta que en el año 1998 han adquirido el valor de 30.000 millones de dólares, es un precio enorme. Todos estos productos van acompañados, las semillas transgénicas las están vendiendo sólo por tres multinacionales, está todo en manos de tres multidinacionales. Pero es que la sociedad no quiere, es decir, vemos en la UE se suspende la aprobación de nuevos transgénicos, la sociedad no quiere comer transgénicos. En España por ejemplo, muchas asociaciones de consumidores se han opuesto a los transgénicos e incluso la propia UCE, yo he oído a los representantes de Euskadi y a los representantes de Asturias que se han declarado por moratoria. Los sindicatos son prácticamente todos, se han declarado por la moratoria y casi todas organizaciones sociales están en contra de consumir transgénicos. Actualmente en Europa no quiere nadie los transgénicos, en Estados Unidos también está ocurriendo exactamente lo mismo y lo que nos están haciendo es dando de comer a la fuerza, come y calla. Porque los transgénicos se están vendiendo sin etiquetar correctamente, no se puede etiquetar, no se pueden hacer estudios epidemiológicos porque no están etiquetados todos y cada uno de ellos, por lo tanto no se pueden hacer, tenían que estar etiquetados todos y cada uno de ellos y se están vendido con nocturnidad y alevosía. Por no hablar de las patentes, porque me gustaría entrar en el tema de patentes.

Jesús Lizcano: Pasamos ahora al turno de intervenciones o comentarios en relación con lo dicho por Gregorio Alvaro, último ponente del Seminario.

Intervención de Rafael Urrialde: Simplemente desearía matizar una información que se ha dado anteriormente. La UCE posee una estructura federal, que tiene en diecisiete Comunidades Autónomas, y tiene además sesenta delegaciones en toda España. Por Junta Directiva se ha aprobado el decálogo que presentamos en la Comisión Mixta Senado-Congreso y además la postura que he manifestado. Esto no es óbice para que una asociación manifieste posturas contrarias, pero por mayoría se aprueban los dictámenes y estoy refrendado desde hace ocho años por el Comité federal como Director del Área de Salud de la Unión de Consumidores de España.

Emilio Muñoz: Quiero simplemente señalar el hecho de que yo en mi presentación he ofrecido datos de la opinión pública sobre la aceptación o no de cultivos transgénicos. Pero sobre estos datos no se puede decir que todo el mundo está en contra de ellos, porque en una media europea que está alrededor del 45 ó 50%; hay una serie de países que están claramente a favor. Otra cosa es decir lo que están recogiendo los medios de comunicación. Yo soy el primer crítico con los problemas que tienen estos análisis, pero son los sistemas con los que tenemos que funcionar. Con estos sistemas no se puede hacer esta afirmación de que toda Europa está en contra.

No se pueden decir cosas que no están sustentadas. Esto está publicado en revistas científicas sometidas a análisis crítico, no se puede decir cosas que no son verdad, se pueden matizar opiniones más o menos medidas, pero no se puede decir que los europeos están en contra. Hay un problema aparte, por que existe todavía un alto porcentaje de población que no está informada. Por tanto no se pueden decir cosas que no están sustentadas. Por ejemplo, quiero señalar que en Portugal, el Gobierno ha prohibido los cultivos transgénicos, pero si se hiciera caso a la población, no sería esa la posición. La posición del gobierno portugués la entiendo perfectamente, y se puede justificar, en términos de intereses pero hay que justificarla y comprenderla según el contexto. Terminar señalando que las acciones son complejas y hay que tener en cuenta el contexto para ir avanzando poco a poco en el diálogo social.

José Fernández Piqueras: Lamento haber oído al anterior ponente una visión tan apocalíptica y tan radical de las cosas. Porque habría estado de acuerdo con muchas cosas, pero no con un planteamiento tan radical. Comprendo que cuando hay movimientos reivindicativos, como el de la mujer reclamando la igualdad de derechos, se produzcan situaciones exageradas que deberían finalmente acabar en su justo equilibrio. Desde ese punto de vista puedo respetar su postura. Pero creo que no es más ecologista el que sea más radical, sino que el defienda mejor el medio ambiente, utilizando criterios estrictamente científicos, y eso es lo que yo honradamente no he visto en su argumentación.

Usted sigue hablando de alimentos transgénicos, pero no es cierto que todos los nuevos alimentos sean transgénicos, pero usted tiene interés de seguir hablando de transgénicos. Es muy fácil crear miedo en cuestiones de alimentación, y arrastrar a mucha gente, y hacer que no se consuma un producto, es muy fácil. Utiliza usted la palabra manipulación peyorativamente, y mucha gente de buena fe le va a creer, y va a tener dudas, y no va a consumir esos alimentos. Pero no debe olvidar que usted tiene una responsabilidad como científico.

Habla usted de que la ingeniería genética es una tecnología que ha roto todas las barreras de la naturaleza, que ha permitido el trasvase de material genético entre distintas especies. Naturalmente, pero eso no tiene por que ser el principio malo (como ya he tratado de explicar en mi intervención). También le podría decir que la naturaleza provoca la extinción de las especies, y que el hombre es una especie más que tiene derecho a estar en la naturaleza y defenderse en ella, llegando a un acuerdo razonable entre lo que son sus mecanismos de defensa y lo que es la protección del medio ambiente. Por eso le decía antes que habría estado de acuerdo con muchas de sus argumentaciones si no hubieran sido tan radicales. Usted informaba que hay unos ochenta mil genes o más en el genoma humano, pero que se conocen muy pocos. Por consiguiente su línea de argumentación es que mientras no se conozca todo, no se pueda hacer nada. Pero mire usted, hay gente que se está muriendo de cáncer en este momento y no puede esperar a que se conozca el genoma humano.

Habla usted de que no se conoce nada sobre lo que son los mecanismos que controlan el desarrollo. Pero eso no es cierto. Se conoce con extraordinaria exactitud el desarrollo de *C. elegans*, un nematodo que tiene un número limitado de células y se conoce desde el principio hasta el final cuáles son todos los pasos, uno tras otro de su desarrollo. En el caso de *Drosophila* y algunos mamíferos como el ratón no tengo que decirle lo que se conoce. Tampoco habría que comentar los conocimientos

crecientes sobre el desarrollo vegetal, como en el caso de Arabidopsis que tan bien conoce el compañero interviniente (José Miguel Martínez Zapater).

Habla usted de que un mismo genotipo puede tener reacciones distintas en distintos ambientes. Hombre, eso es evidente, se explica a los alumnos de genética, es la “norma de reacción”. Generar una nueva variante no significa que sea buena para todos los ambientes, podrá ser buena en unos y mala en otros. Pero usted amasa todas estas argumentaciones dispares constituidas de verdades a medias y de desconocimiento para crear una sensación apocalíptica. Repito podríamos haber estado de acuerdo, y de hecho estamos de acuerdo en muchos aspectos concretos, pero no de esta forma.

Dijo usted de un momento determinado que de la movilidad de los genes entre cromosomas es bastante alta. Pero me pregunto si sabe exactamente a qué se refiere. ¿Está hablando de elementos móviles?, ¿conoce los del maíz?. Hay que tener cuidado con estas cosas, porque usted las lanza y da la impresión de que ésto es el apocalipsis. El maíz sigue ahí y hay especies naturales con un contenido en elementos transponibles muy superior al 50%.

No me quiero extender más, pero como genético tengo una opinión sobre el medioambiente. No se pueden predecir todas las reacciones futuras. No se conoce todo el genoma humano. Pero nunca se va a conocer todo sobre todo. Sin embargo estoy totalmente de acuerdo con usted en que todo es susceptible de hacerse mejor.

Sobre el ocultamiento de los fracasos de la terapia genética, que mencionó en algún momento determinado, no le puedo decir que no se haya hecho. Pero léase el último número de la revista Nature Genetics donde se recogen los intentos fallidos de terapia génica con el factor antihemofílico. Algunas cosas salen a la luz y otras no, parece ser el proceder del hombre y sus intereses. Lo que tenemos que hacer es luchar porque el hombre sea cada vez mejor, pero no diciendo no a todo.

Cuando ha mencionado de prisa todos los problemas para la salud, todas las alergias, la resistencia a anticuerpos. Me habría gustado de verdad que hubiera sido menos radical, que hubiera demostrado que algunas actuaciones han sido verdaderamente perjudiciales para el medioambiente. Habrían salido unas propuestas de consenso, pero no puedo admitirle una oposición radical a todo, y ese escenario apocalíptico, porque los científicos estamos tratando de luchar con honradez, para que la calidad de vida del hombre sea mejor cada vez. Francamente me niego a admitir la visión apocalíptica que usted ha descrito.

José Miguel Martínez Zapater: Voy a ser muy breve, porque afortunadamente José Fernández Piqueras prácticamente ha recogido, yo creo que el 90% de los puntos que yo quería comentar. Solamente quería añadir una cosa más, y es que es precisamente este radicalismo, el que al final favorece a las grandes multinacionales y favorece el que solamente sean estas grandes empresas las que puedan financiar el calvario que supone llevar una modificación genética a la práctica, por muy exenta de riesgo que sea, en muchos casos. Ese es el motivo por el que no tenemos a la vista plantas transgénicas resistentes a la salinidad o cultivos generados en este país. Porque las pequeñas y medianas empresas de semillas no se lo pueden permitir. Esto es a lo que nos ha llevado esta postura radical que niega el uso del método científico para analizar racionalmente los riesgos que supone cada una de estas modificaciones, hacer las pruebas pertinentes y crear unos sistemas de control rigurosos que garanticen también que no sean sólo unas pocas empresas las que se puedan beneficiar.