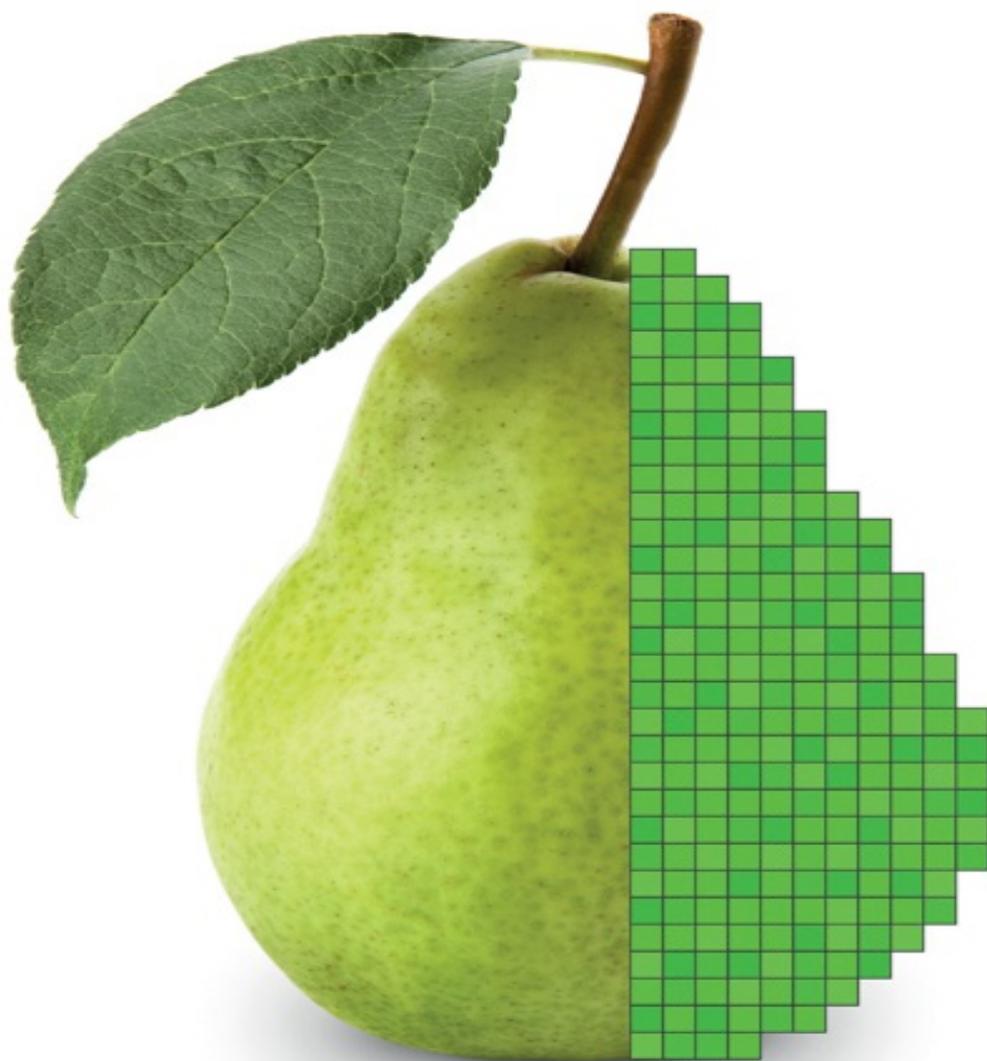


# Transgénicos sin miedo

J. M. Mulet

Todo lo que necesitas  
saber sobre ellos  
de la mano de la ciencia



## Índice

Portada

Sinopsis

Dedicatoria

Citas

Introducción: Este libro sobre los transgénicos...

Primera parte: Cosas sobre los transgénicos...

Capítulo 1: Breve historia de cómo hemos modificado la comida

Capítulo 2: Breve historia de la comida desde dentro

Capítulo 3: Y de repente, un transgénico...

Capítulo 4: ¿Para qué sirve un transgénico?

Segunda parte: Cosas que te han dicho sobre los transgénicos...

Capítulo 5: Transgénicos y salud...

Capítulo 6: Transgénicos y medio ambiente...

Capítulo 7: Transgénico rico, transgénico pobre...

Capítulo 8: La vuelta al mundo en un transgénico

Capítulo 9: Etiquetar o no etiquetar...

Capítulo 10: Transgénicos, mentiras y vídeos...

Capítulo 11: El negocio anti OGM

Capítulo 12: ¿Y después de los transgénicos qué?

Epílogo: ¿Todavía estás en contra de los OGM?

Nota final: Argumentario para discutir...

Agradecimientos

Para leer más

Notas

Créditos

**Gracias por adquirir este eBook**

Visita [Planetadelibros.com](http://Planetadelibros.com) y descubre  
una  
nueva forma de disfrutar de la lectura

---

**¡Regístrate y accede a contenidos  
exclusivos!**

Primeros capítulos  
Fragmentos de próximas publicaciones  
Clubs de lectura con los autores  
Concursos, sorteos y promociones  
Participa en presentaciones de libros

**PlanetadeLibros**

---

Comparte tu opinión en la ficha del libro  
y en nuestras redes sociales:



**Explora**

**Descubre**

**Comparte**

## SINOPSIS

La alimentación y los transgénicos se han convertido en uno de los debates científicos por excelencia en España y el mundo entero en los últimos años. La manipulación genética de los alimentos es hoy uno de los mayores tabúes en nuestra sociedad. Los grupos ecologistas han organizado campañas contra ellos y contra sus supuestas consecuencias negativas para la salud. ¿Pero alguien se ha preguntado cuáles son los beneficios de los transgénicos y de los avances científicos aplicados a la alimentación? ¿Qué opinan los científicos acerca de este tema? ¿Tenemos toda la información que necesitamos para poder juzgar por nosotros mismos? ¿O estamos sometidos a la influencia de intereses cruzados que nada tienen que ver con lo que nos conviene o no?

*Para Paula y Bea, mis dos transgénicas favoritas, esperando que algún día vivan en un mundo donde ningún científico sea perseguido por hacer avanzar a la humanidad.*

Exponía el rey de Brobdingnag como opinión suya que aquel que consiga que crezcan dos mazorcas de maíz o dos briznas de hierba donde antes solo crecía una, merece lo mejor para sí y hace más servicio a su país que todos los políticos juntos.

JONATHAN SWIFT (*Los viajes de Gulliver*)

Cuando nos acercamos a la condición del hombre común, hay una gran diferencia entre el enfoque del cura, del político y del científico. El cura persuade a los humildes de soportar su duro destino; el político les urge a rebelarse contra él, y el científico piensa en un método que elimine por completo el duro problema. Por tanto, la ciencia ha acercado el reino de la libertad.

MAX F. PERUTZ (*¿Es necesaria la ciencia?*)

# INTRODUCCIÓN

## ESTE LIBRO SOBRE LOS TRANSGÉNICOS NO ES COMO LOS DEMÁS

Una cosa es cierta. La palabra «transgénico» suena fatal, casi tan mal como «nuclear» o «tóxico». Cuando ves una noticia en la prensa donde aparece la palabra «transgénico» o su sinónimo «organismo genéticamente modificado» en la mayoría de los casos van a hablar de riesgos, de peligro o de rechazo social. Lo mismo pasa cuando quieres informarte y buscas algún libro o blog que hable del tema. En la mayoría de los casos vas a encontrar informaciones muy preocupantes sobre peligros para la salud o para el medio ambiente. Hemos visto a determinadas organizaciones haciendo campañas muy agresivas contra esta tecnología que incluyen imágenes de patatas convertidas en escorpiones, campos cultivados devastados o el boicot a compañías que venden productos que incluyen transgénicos. También hemos visto ciudades o regiones que se declaran libres de transgénicos o la promulgación de leyes para frenar el desarrollo de esta tecnología.

A nivel personal, cuando dices que eres científico normalmente la gente te muestra un cierto respeto salpimentado con un punto de admiración, más que nada porque en España tenemos muy pocos en comparación con otros países y la rareza siempre puntúa alto. Sin embargo, cuando dices que trabajas con plantas transgénicas pierdes de un plumazo todo lo que habías ganado en reconocimiento social, y ya no eres tan majo como antes. Eso de los transgénicos suena muy mal. El problema es que si preguntas por qué es malo un transgénico y qué problemas crea, a la gente le cuesta encontrar una respuesta medianamente coherente.

Y de hecho, surgen preguntas incómodas. Si esta tecnología es tan mala y crea tantos problemas, ¿por qué se sigue usando? ¿No sería más fácil prohibirla? O más fácil, si fuera tan mala, nadie querría utilizarla. En la vida,

como en las buenas novelas, las cosas no son blancas y negras, y muchas veces los malos no son tan malos como los pintan, ni los buenos, tan buenos. Los transgénicos no son más que una tecnología, que como todo tiene una utilidad: hay algunas cosas para las que sirve y otras para las que no. Y como todo, una tecnología no es mala o buena *per se*, todo depende del uso que hagas de ella. Sin embargo, en este caso concreto la información que circula habla mucho de sus problemas (reales o inventados) y poco de sus beneficios. También tenemos un problema añadido: sobre transgénicos hemos oído hablar mucho a los políticos o a los activistas, y muy poco a los científicos, con lo que se ha creado un problema comunicativo que ha favorecido la propagación del miedo y de noticias alarmistas, que muchas veces no son ciertas. Hablar de transgénicos y no decir lo que el público espera oír no deja de tener sus riesgos, como recibir amenazas de muerte o tener que salir escoltado de alguna charla.

¿Te interesa saber qué es un transgénico desde el punto de vista de la ciencia, para qué sirve y qué perjuicios y beneficios puede tener el uso de esta tecnología? Sigue leyendo. Quizá te lleves más de una sorpresa.

PRIMERA PARTE

COSAS SOBRE LOS TRANSGÉNICOS  
QUE QUIZÁ NO SABÍAS

El mayor servicio que puede ofrecerse a un país es  
añadir una planta útil a su cultivo.

THOMAS JEFFERSON

## CAPÍTULO 1

# BREVE HISTORIA DE CÓMO HEMOS MODIFICADO LA COMIDA

Toda nueva tecnología empieza con cierta incertidumbre y reticencia. Cuando se estableció la primera línea de ferrocarril entre Stockton y Darlington en 1825, muchos auguraron que el cuerpo humano no estaba capacitado para soportar las altas velocidades que alcanzaba ese nuevo invento (unos 35 km/h) y que todos los que subieran en él acabarían muriendo. De hecho acertaron. Ninguno de los participantes en el viaje inaugural sigue vivo hoy, aunque su deceso no fue por causas relacionadas con ese trayecto iniciático. No hace falta irse tan lejos. ¿Os suena la gente que decía que no quería un horno microondas porque podía ser malo para la salud? ¿A cuánta gente conocéis que decía que nunca utilizaría internet porque era propiedad del ejército americano? ¿O los que decían que no necesitaban teléfono móvil habiendo cabinas por la calle? Por cierto, ¿cuántos de esos «*yonuncatendrémóvil*» hoy mismo os han enviado algún chiste o alguna foto a través de WhatsApp? ¿Os imagináis ahora vuestra vida sin un teléfono móvil, sin internet o sin un microondas? ¿Podrías hacer muchas de las cosas que hacéis normalmente? A pesar de las incertidumbres y reticencias, toda nueva tecnología cruza un punto de no retorno a partir del cual es imposible vivir sin ella. No todas las tecnologías triunfan. Hay diferentes adelantos que por diferentes motivos no acaban universalizándose. El fax, por ejemplo, ni siquiera en su momento de mayor utilización fue un objeto que todos tuviéramos en casa, y su uso prácticamente se restringió al ámbito profesional. Algunos estándares como el vídeo 2000, el *láser disc* o el móvil con karaoke tuvieron una implantación discreta. Otros, como el coche equipado con un minirreactor nuclear, nunca llegaron a salir al mercado.

Contéstate a una pregunta: ¿En qué lado de la balanza sitúas a los transgénicos? ¿En el de la reticencia inicial que puede acabar en fracaso? ¿En el de que llegue a normalizarse su uso en un futuro? Piensa unos segundos. ¿Ya tienes una respuesta?

No estamos en la reticencia inicial ni la tecnología ha fracasado. Con los transgénicos hemos cruzado ese punto de no retorno hace mucho, mucho tiempo y no nos hemos dado ni cuenta. Hoy sería imposible vivir sin utilizar transgénicos. ¿Te parece una afirmación exagerada? Un ejemplo concreto. ¿Has visto alguna vez una camiseta con la leyenda «No quiero transgénicos»? Pues posiblemente esté hecha con algodón transgénico. Si te comes un huevo o un filete, la gallina o la ternera habrán sido alimentadas con maíz o soja transgénicos, por no hablar de muchas medicinas, de enzimas que se utilizan en detergentes o en la industria textil, etc., aplicaciones para las que en muchos casos no tenemos alternativas que no sean transgénicas, o si las tuviéramos serían mucho más caras y menos eficientes.

Por cierto, un transgénico, u Organismo Genéticamente Modificado (OGM), no es más que un organismo vivo cuyo genoma (el ADN que contienen sus células) se ha modificado mediante técnicas de ingeniería genética. Esta modificación puede implicar incorporar material genético de otro organismo. Hay que decir que la definición legal de lo que es un OGM y lo que no es cambia de país en país, por lo que puede haber matices sobre esta idea básica. Es importante remarcar lo de métodos de ingeniería genética. Un organismo puede tener genes de otro organismo de forma natural y no se considera transgénico u OGM, o incluso de forma artificial utilizando métodos que no son de ingeniería genética.

¿Cómo hemos llegado a esa situación paradójica en la que una tecnología imprescindible en nuestro día a día suscita tanto rechazo? No hay duda de que la aplicación de los transgénicos que más rechazo ocasiona es su uso en agricultura y alimentación. ¿Por qué? Mucha gente alega que prefiere la alimentación natural y ve los transgénicos como algo artificial. El problema es que quizá no tengan razón. Desde el Neolítico el hombre siempre ha modificado lo que come, y nada de lo que nos alimenta es natural. ¿No te lo crees? Bien, repasemos brevemente la historia de la comida.

## BREVE HISTORIA DE LA COMIDA VISTA DESDE FUERA

El invento que más impacto ha tenido en nuestra civilización no ha sido la escritura, ni la rueda, ni siquiera el botón derecho del ratón, sino la agricultura. Todo lo que somos se lo debemos a ella. ¿Exagerado? A ver, ¿cuánto tiempo a la semana inviertes en alimentarte? Cuenta el tiempo que utilizas para proveerte de alimento y súmale el tiempo que te dedicas a cocinar y a comer. ¿Te deja tiempo para otras actividades como trabajar o criar a tus hijos? ¿Para el ocio o para algún que otro *hobby* o afición como coleccionar sellos o ir al fútbol? Gracias a que los supermercados están llenos no tienes que deambular por la sabana huyendo de los leones y cazando con lanzas. Si en algún momento del Neolítico el hombre no hubiera desarrollado una forma de garantizar un suministro estable de alimentos y descargar la responsabilidad en un sector de la sociedad (los agricultores y ganaderos) todavía viviríamos en cuevas. La agricultura nos otorga el lujo de destinar nuestro valioso tiempo a actividades diferentes a la de buscar alimento. Solo así hemos podido desarrollar, entre otras cosas, la ciencia, el arte y la tecnología. Nada de eso existiría si la agricultura y la ganadería no nos proveyeran de alimentos seguros a un coste asumible.

¿Alguien se plantea establecer su domicilio en función de donde haya alimento? Como mucho lo establecemos en función de donde nos ofrezcan un empleo que nos dé un salario, pero sabemos que mercados y supermercados hay en todas partes. Esto no fue siempre así. Seguro que todos recordamos la imagen de los nativos americanos a caballo cazando búfalos en las películas de vaqueros. La mayoría de las tribus nativas de lo que hoy es Estados Unidos o Canadá no practicaban la agricultura o lo hacían de forma residual, por lo que se establecían en función de donde obtenían el suministro de alimentos. Había tribus que dependían de la caza del búfalo, pero en cambio otras se establecían al lado de ríos con muchos salmones, o de bancos de ostras, como los primitivos pobladores del actual Nueva York, o de focas y ballenas como los inuits. Las sociedades paleolíticas se parecían bastante, ya que eran nómadas que se dedicaban a la caza o a la recolección de especies silvestres. Por mucho que ahora esté de moda la paleodieta, o aproximaciones todavía más radicales como la dieta primaria —consistente en comer

alimentos sin procesar—, eso distaba mucho de ser un ideal. Depender de un suministro de alimentos normalmente hacía que las dietas se basaran en muy poca diversidad, por lo que no eran dietas equilibradas ni de lejos. Las carencias nutricionales eran muy frecuentes. Los restos arqueológicos y antropológicos nos indican que la falta de vitaminas o de nutrientes esenciales y la desnutrición eran relativamente frecuentes. Por ejemplo, cuando alguien en fase de crecimiento sufre desnutrición es normal que el crecimiento se pare para reanudarse cuando vuelve a tener una alimentación adecuada. Esto deja una señal en los huesos largos conocida como línea de Harris, que aparece en muchos restos de las sociedades nómadas. Obviamente, con tanta limitación de alimentos las poblaciones también eran muy limitadas. Algo que prácticamente imposibilita el desarrollo de la tecnología y la civilización.

¿Cómo empezó la agricultura? La arqueología nos ha indicado que no fue un invento único ni simultáneo. En diferentes momentos diversas poblaciones se dieron cuenta de que no era necesario seguir los ritmos y los lugares de la naturaleza, sino que se podía recoger las semillas de algunas plantas, ponerlas en un espacio con suficiente agua y cerca de alguna cueva o refugio natural y dejarlas crecer. Nos ahorrábamos buscar alimento. La adopción de la agricultura fue una revolución tranquila. Durante milenios coexistieron poblaciones estrictamente agrícolas con poblaciones de cazadores/recolectores. De hecho, la coexistencia sigue en la actualidad, y en pleno siglo XXI todavía existen etnias de cazadores/recolectores en la Amazonia o en África, como los hadza de Tanzania o los baka de África Central.

La agricultura se desarrolló en un periodo de 2.000-3.000 años en diferentes zonas muy alejadas entre sí. Siempre se había pensado que las primeras comunidades agrícolas se encontraban en el Creciente Fértil (una zona que abarca parte de los actuales territorios de Israel, Palestina, Turquía e Irak), pero un estudio muy reciente sitúa el origen en el actual Irán.<sup>1</sup> Y hay algo más sorprendente: los estudios arqueológicos nos indican que los rendimientos obtenidos por los primeros cultivadores podían ser similares o incluso inferiores a los que obtenían otras tribus por caza o recolección. ¿Por qué se impuso la agricultura? Posiblemente en los inicios influyeran más

factores a favor del sedentarismo que el simple cálculo de alimentos obtenidos, como pudiera ser el primitivo concepto de propiedad de la tierra o de familia.

Algunas tribus consiguieron aumentar la producción y domesticar plantas silvestres y animales salvajes, es decir, modificaron en función de las necesidades del hombre plantas y animales que ya existían en la naturaleza. El primer animal domesticado fue el perro, a partir del lobo, en la época de los cazadores/recolectores. Los indicios de esta domesticación se encontraron en la cueva de Palegawra, en el nordeste de Irak, y datan del 12000 a. C., aunque no fue una domesticación que implicara la invención de la ganadería (muy posterior), sino como ayuda para la caza (aunque hay quien se come a los perros). Domesticar una planta suponía un poder semejante al que en su momento supuso el descubrimiento del fuego, puesto que, entre otras cosas, aumentar la producción de alimentos permitía aumentar a su vez la población. Un aumento de la población en una época pretecnológica suponía un mayor poder bélico respecto a las tribus vecinas y la capacidad de ganar recursos a costa de conquistar nuevas tierras. Estudios de genética humana han demostrado que la expansión de la humanidad por Europa viene determinada por el descubrimiento de la agricultura desde el Creciente Fértil y se pudo hacer realidad gracias al excedente de alimentos.

Algunos autores como Jared Diamond ven en esta capacidad de domesticar plantas el origen del éxito de la civilización occidental. Cereales como el trigo, la avena o la cebada hicieron que Occidente dominara el mundo. Eurasia es un continente más ancho que alto, lo que implica que a medida que una civilización se expande a lo largo de un paralelo hacia Oriente u Occidente las condiciones climáticas y de luz son similares. Las plantas domesticadas irán adaptándose al nuevo territorio sin problemas. África y América son continentes altos y estrechos, y si una civilización se expande hacia el Norte o el Sur siguiendo un meridiano, las plantas domesticadas no pueden acompañarles puesto que las condiciones climáticas y de luz van cambiando, lo que obliga a un largo proceso de adaptación o a la domesticación de nuevas plantas. Como cuenta Diamond en su libro *Armas, gérmenes y acero*, esto explica por qué fue Europa la que conquistó América y no al revés. De hecho, podemos asociar las grandes civilizaciones con las

plantas y animales que les servían de alimento. Otros dos inventos básicos en la historia de la civilización son herencia directa de la agricultura: las primeras ruedas se utilizaron para transportar alimentos en carros y los vestigios más antiguos de escritura nos demuestran que su primer uso fue el de registrar transacciones de grano o de ganado. La primera letra del alfabeto protocanaeno, un antepasado remoto de muchos de los alfabetos actuales, álef, es un jeroglífico que representa un buey, y es el antecesor de nuestra letra A.

El estudio de las domesticaciones de las especies agrícolas nos ha dado muchas pistas sobre la historia de las civilizaciones. El pionero de este estudio fue el ruso Nikolái Vavílov, prestigioso botánico al que debemos el establecimiento de los bancos de germoplasma, es decir, los depósitos de material (principalmente semillas) a partir del cual se puede generar una planta. Vavílov postuló que cuanto más antigua fuera la domesticación de una planta, más usos tendría en la actualidad, y que en los lugares donde se domesticó esta planta deberían de existir más variedades silvestres de la misma. Estos principios sencillos han servido para identificar los lugares de domesticación de numerosos cultivos. Por cierto, ¿se pueden domesticar todas las plantas o animales? ¿Qué características resultaron interesantes a los protoagricultores para la domesticación? Para los primeros cereales sería que las semillas fueran de mayor tamaño, espigas compactas que no se dispersaran espontáneamente, que germinaran con facilidad cuando se sembraran y que floreciesen y formaran el fruto en un margen de tiempo corto. Este proceso pudo ser sorprendentemente rápido en algunos casos. A partir del mijo africano silvestre se puede obtener una variedad que germine rápidamente en solo tres generaciones. En la gramínea silvestre *Andropogon hallii*, una generación sirve para seleccionar plantas con espigas que no se desgranen. Pero no todo es tan rápido: la domesticación del trigo en el Creciente Fértil alrededor del 7500-8000 a. C. fue bastante lenta. Las domesticaciones de plantas americanas como la patata, el maíz o el pimiento fueron bastante posteriores, alrededor del 4000-5000 a. C., y tampoco fueron fáciles. Los mayas desarrollaron el maíz primitivo a partir del *teocintl* o teosinte en un periodo de 200 años.

Domesticar los árboles frutales fue más complicado debido a que su ciclo vital es muy largo, a diferencia de los cereales y legumbres, que lo completan en unos meses. Esto requiere una mayor capacidad de observación y mucha paciencia para la selección. Durante el proceso de selección se eliminaron los sabores amargos, propios de muchas frutas silvestres y que suelen ser indicativos de toxicidad, como la amigdalina de las almendras, compuesto que al descomponerse produce cianuro y que las almendras silvestres (y las almendras verdes cultivadas) utilizan como defensa. Otros aspectos de la domesticación fueron la selección de frutos sin espinas o de bajo contenido en resinas. Los primeros frutales cultivados fueron el olivo, la higuera, la vid y la palmera, y posteriormente el almendro y el granado.

El cultivo de plantas tuvo un regalo añadido. La ganadería surgió como una consecuencia de la agricultura. Los residuos de las plantas cultivadas eran atractivos para los animales herbívoros, de la misma forma que las gaviotas del siglo XXI prefieren buscar su alimento en los vertederos a mojarse y pasar frío para capturar peces, como han hecho sus antepasados durante millones de años. Esta abundancia de alimento era interesante especialmente para las hembras, que durante la gestación y crianza necesitaban del alimento y protección que podrían obtener merodeando asentamientos humanos. La cercanía permitiría el establecimiento de un vínculo de confianza y el inicio de la domesticación. Los animales más susceptibles de ser domesticados eran aquellos que en la naturaleza tuviesen un comportamiento social, gregario y jerarquizado, de forma que el hombre suplantó la figura del macho/hembra dominante. También era interesante que tuviesen unos hábitos alimentarios amplios, que no tuviesen problemas para aparearse en cautividad, que su carne sirviera de alimento para el hombre, que llegasen pronto a la madurez y que fueran dóciles. Son unas reglas que no todos los animales cumplen, y por eso hemos visto carreras de caballos, pero no de cebras, o tenemos gatos domésticos, aunque no leopardos o jaguares. El animal que dio inicio a la ganadería fue la oveja, alrededor del 9000a. C. en el Kurdistán, a partir de la raza armenia del muflón occidental asiático. La cabra y el cerdo se domesticaron en zonas cercanas posteriormente, aunque el segundo fue domesticado independientemente en China, como señalan los yacimientos de Pei-Li-Kang. En China también se

domesticaron las gallinas y los gansos. No obstante, el estudio de las domesticaciones no es un caso cerrado ni mucho menos. Sobre los caballos originariamente creíamos que fue en Europa en el 3000a. C., pero ahora sabemos que fue en la estepa del Asia Oriental varios milenios antes, aunque la fecha no se ha podido datar con precisión; solo se sabe que fue en un lugar muy cercano al de la domesticación del camello bactriano.

¿Y cuándo llegó esta revolución a España? Los primeros yacimientos con actividad agrícola en la península ibérica están datados entre el 4000 y 4700, y concentrados en el área mediterránea. Cabe destacar que la mayoría de las especies que se cultivaron en esta época en la península ibérica no son autóctonas, sino que proceden del Creciente Fértil, lo que implica que ya entonces existían intercambios comerciales o migraciones que abarcaban todo el Mediterráneo. Lo de la globalización, pues, no es nuevo.

#### Y UNA VEZ INVENTADA LA AGRICULTURA ¿QUÉ?

Con las plantas y animales domesticados aportando comida en abundancia, la humanidad disponía del sustento necesario para el desarrollo de las primeras grandes civilizaciones. En el año 6000a. C. la revolución neolítica ya era imparable en el Creciente Fértil y en Mesopotamia. Se calcula que en Catal Huyuk (en la actual Turquía) llegó a haber 5.000 habitantes, bastante más que las tribus de cazadores recolectores de seis o doce familias. En esta primera gran ciudad se observa cómo este cambio afectaba a la sociedad. Las primitivas representaciones artístico-religiosas estaban relacionadas con la caza. En Catal Huyuk coexisten vestigios del culto al leopardo y al toro (propios de sociedades cazadoras) con los primeros dedicados a divinidades relacionadas con la agricultura y la ganadería. No obstante, si la agricultura es la causa del florecimiento de Mesopotamia, también lo es de su decadencia. Las cosechas en Mesopotamia se basaban en el regadío intensivo, lo que provocó una gradual salinización de las tierras de cultivo. En el registro arqueológico se ha podido correlacionar el desplazamiento del cultivo hacia especies cada vez más tolerantes a la salinidad, pero a su vez menos productivas. Cuando al final la provisión de alimentos no fue suficiente, las

ciudades colapsaron, como siglos después pasó con los mayas, que no pudieron afrontar una sequía inusualmente larga, o Angkor Wat, en la actual Camboya, que desapareció cuando se dañaron sus sistemas de regadío.

Por lo tanto, el éxito de la agricultura era el que determinaba el florecimiento de la civilización. Egipto, donde las crecidas periódicas del Nilo garantizaban la fertilidad de las tierras de cultivo, es un buen ejemplo. Esto permitía tener un excedente de grano y la alimentación asegurada durante todo el año trabajando solo unos meses. El resto del tiempo los agricultores podían emplearse como obreros para construir las obras faraónicas, impensables si el modelo agrícola hubiera necesitado de trabajo durante todo el año. Encontramos muchas referencias a la agricultura en los papiros egipcios y en el panteón, siendo Osiris, Nin y Hapy los principales dioses consagrados a la agricultura. De hecho, durante el esplendor de Grecia y Roma, Egipto continuó siendo el granero de estas dos civilizaciones.

De las civilizaciones griega y romana hemos heredado cultivos como la vid o el olivo. Proserpina, la diosa de la Primavera y la Fertilidad (Perséfone en Grecia), que simbolizaba el renacimiento de la naturaleza después del invierno, era hija de Ceres, diosa de la Agricultura, es decir, consideraban que la primavera nacía de los cereales y no al revés. A Roma también le debemos el primer ingeniero agrónomo con nombre conocido: el gaditano Lucius Junius Moderatus, conocido como Columela. En sus obras *De re rustica* y *De arboribus*, escritas sobre el año 42 d. C., recoge todo el conocimiento acumulado hasta la época y hace un primer intento de separar la superstición de la ciencia agronómica. A Columela el trabajo le dura hasta la actualidad, ya que en pleno siglo XXI todavía siguen vigentes numerosas supersticiones relacionadas, por ejemplo, con las fases lunares. Algunas de estas supercherías están convenientemente mercantilizadas, como la agricultura biodinámica. Otro invento romano fue el arado, que con diferentes modificaciones ha pervivido hasta la actualidad. Los romanos también aprovechaban el conocimiento de los pueblos a los que sometían. Por ejemplo, de la derrota de Cartago a manos de Roma nos ha quedado algo más que la *Eneida* y los amoríos de Dido y Eneas. Los romanos aprendieron de la derrotada Cartago a trillar el grano utilizando una tabla de madera con piedras

afiladas incrustadas en la base, que se siguió usando hasta el siglo xx. Hoy en día estas piezas se cotizan como objeto decorativo en salones de bodas, bautizos y comuniones decorados al estilo *agro-vintage*.

Después de la división del Imperio romano tras la muerte de Teodosio, la mayoría del mundo conocido se dividió en dos. A Bizancio le debemos la introducción en Europa de cultivos que tendrán gran repercusión económica en siglos posteriores, como el gusano de seda o el tulipán, pero poco más. Un balance bastante escueto para sus muchos siglos de historia. El tratado de agricultura más importante en Bizancio fue la *Geopónica*, mandado elaborar por el emperador Constantino VII Porfirogeneta. Al contrario de obras anteriores como la de Columela, en la que se trataba de separar el racionalismo de la religión, en esta aparecen recogidas las creencias y prácticas más extravagantes junto a prácticas agrícolas legítimas.

En el siglo v cae el Imperio romano de Occidente con las invasiones bárbaras y se inicia oficialmente la Edad Media. Contra lo que muchos pueden pensar, esos siglos fueron un tiempo de gran desarrollo para la agricultura y para las ciencias agrarias, por lo que más que una época oscura fue una época luminosa, con notables avances que han tenido impacto hasta hoy. En esto influyeron en buena medida las órdenes monacales, principalmente la orden cisterciense y los cartujos, que sistematizaron, recopilaron y difundieron el conocimiento agrícola existente hasta la fecha por motivos económicos. Prácticamente la única fuente de riqueza era la tierra, que acumulaban estas órdenes o los nobles; por lo tanto, cuanto más rendimiento se obtuviera de la tierra, más riquezas y poder.

Casiodoro, abad de Vivaro (Italia), escribe en el siglo vi un manual destinado a instruir a los monjes en las labores agrícolas. También tenemos las Etimologías (*Etymologiae u Originum sive etymologiarum libri viginti*) de san Isidoro de Sevilla, con un volumen, el xvii, destinado a la agricultura. Las rutas comerciales con Oriente suponen la entrada de las especias, lo que provoca un cambio radical en los sabores: empiezan a aparecer en nuestros platos la pimienta, el jengibre, el clavo o la albahaca, utilizadas como conservantes o para enmascarar el mal sabor de los alimentos, que

normalmente se encontraban en un pésimo estado de conservación. También se sustituye el mijo por el trigo y se extiende la cebada por el norte de Europa. Otros cultivos que se popularizan en este periodo son la remolacha (cultivada originalmente para el consumo de sus hojas al estilo de la acelga o la espinaca), la espelta y el centeno.

Las órdenes monacales, sobre todo los trapenses, son responsables de la popularización de la cerveza (bebida conocida desde la antigua Mesopotamia), que consumían durante los prolongados ayunos, partiendo de la máxima «*liquidum non frangit jejunum*» (el líquido no vulnera el ayuno). En la Edad Media se impone la utilización de lúpulo, que al tener propiedades conservantes permitió que la cerveza dejara de ser una bebida de temporada para pasar a conservarse y consumirse todo el año. Además, al hervirse y contener alcohol, era una bebida mucho más segura que el agua, que frecuentemente producía enfermedades. ¿Entiendes ahora por qué hay tantas marcas de cerveza con frailes barrigudos en la etiqueta?

Durante este periodo, y sobre todo en España, se produjo un fluido intercambio con el mundo árabe, con un notable impacto en la agricultura. Una prueba de ello es que una gran cantidad de palabras relacionadas con la agricultura, como azud, acequia, aljibe o alberca, son de origen árabe. Debemos a los árabes cultivos como el arroz y las espinacas. En el siglo XII, Ibn-Al-Awwam, también conocido como Abú Zacarías, publica el manual de usos agrícolas que más impacto tuvo en su tiempo: *Kitab al-Filaha (El libro de la agricultura)*. En sus 35 capítulos describe más de 400 especies vegetales diferentes, así como guías para el riego y el manejo de suelos, utilizando un rigor y un empirismo alejados de la superstición, tan común en la época. Otro legado poco conocido de la España árabe son algunas variedades de vinos y la destilación de licores y de alcoholes fuertes. A pesar de la prohibición coránica sobre el alcohol, es sabido que elaboraban diferentes tipos de vinos con fines medicinales (o eso decía el califa) y que la destilación de licores procede de las técnicas árabes para obtener perfumes. Después de la conquista cristiana en la zona de Alicante empieza a elaborarse un vino rancio llamado Fondillón, altamente apreciado, cuya elaboración ha pervivido hasta nuestros días. De hecho, Magallanes llevó varias barricas en su expedición para utilizarlas como material para el trueque.

El invento medieval que más impacto tuvo fue el arado de vertedera o arado sajón, mucho más práctico y que permitía la utilización de animales de tiro. Esto supuso el desarrollo de algunos inventos que han llegado hasta la actualidad, como el collar para caballos (proveniente de China) o el yugo múltiple para bueyes, célebre por su uso como símbolo, junto a las flechas, por parte de los Reyes Católicos y que más tarde fue adoptado por Falange Española y de las JONS. Sigue vigente en los pisos de protección oficial construidos en aquellos años.

En la Edad Media encontramos el primer ejemplo de uso de la tierra como biocombustible, concretamente, la siembra de avena para producir biocombustibles y para la alimentación de los caballos de tiro, de monta o de batalla. El herraje de los caballos se inicia alrededor del siglo VIII y también está relacionado con el uso en agricultura de estos animales. Otro invento medieval es la guadaña. No es extraño que el símbolo de la muerte sea un esqueleto con una guadaña, ya que las pestes negras también son propias del Medievo. La guadaña era el iPhone de la época, por lo tanto la lógica es que a la muerte la representaran dotada de la más avanzada tecnología. Respecto a la influencia de la agricultura en la sociedad solo tenemos que ver las numerosas representaciones en el arte, ya sea religioso o pagano, de las diferentes labores agrícolas, así como los numerosos santos y advocaciones religiosas relacionadas con la agricultura, como san Isidro Labrador (agricultura), san Abdón y san Senén (contra el granizo), entre otros.

## LA AGRICULTURA EN ESPAÑA

El Imperio español, con el reinado de los Reyes Católicos y posteriormente de Carlos I y Felipe II, fue una época de grandes logros militares, pero catastrófica en el ámbito de la política agrícola, alguna de cuyas consecuencias seguimos pagando. De hecho, España se nutrió de las riquezas que venían de América, pero con una buena gestión de la tierra hubiéramos sido el imperio que predecía la canción de Los Nikis y las películas de cartón piedra de Juan de Orduña. Los Reyes Católicos pusieron el 97 por ciento de la tierra en manos de la Iglesia y el 3 por ciento restante mayoritariamente en

latifundios. Por las Leyes de Toro de 1505, los Reyes Católicos favorecieron a los grandes señores, por lo que la mitad de ese 3 por ciento fue repartido entre los Grandes de España. Por eso la Casa de Alba sigue siendo la mayor propietaria agrícola del país, su riqueza proviene directamente de esta época.

En otros países como Inglaterra, la Corona decidió administrar directamente la mayoría de las tierras de cultivo, cuya propiedad aún perdura. Eso explica que el príncipe Carlos sea el mayor productor de agricultura ecológica de Europa: cuando uno tiene mucha tierra puede dedicarse a sistemas poco productivos. Los Reyes Católicos también promulgaron las Leyes de la Mesta, por las que se le daba un trato de favor a la ganadería ovina. Esto incidió en una brutal deforestación para obtener pasto para el ganado. La causa de potenciar tanto este tipo de ganadería era la facilidad de recaudar impuestos sobre el comercio de la lana, controlando las ferias donde se permitía comerciar con este producto, mientras que en los productos agrícolas era más difícil controlar la producción y, por ende, recaudar impuestos. El paisaje seco y árido de Castilla se lo debemos, pues, a la Mesta y a los Reyes Católicos, que lo talaron todo para favorecer a la ganadería. La gestión de la tierra por parte de los grandes señores o de los monasterios era sumamente ineficaz. No se conocía el uso de fertilizantes o de rotación de cultivos o de barbecho, sencillamente se usaba la tierra hasta su agotamiento. Ser agricultor en aquella época no tenía nada de bucólico: la propiedad estaba en manos de muy pocos propietarios y la trabajaban vasallos o siervos sin posibilidad de convertirse en propietarios de la tierra o con arriendos abusivos. Esta pésima gestión provocaba frecuentes hambrunas y la necesidad continua de importación de grano para alimentar a la población. Es curioso que en los últimos años hayan surgido movimientos de soberanía alimentaria que lo consideran un problema reciente de la globalización. Parecen ignorar que España perdió esta soberanía en el siglo xv.

Con el descubrimiento de América la situación empeoró, puesto que buena parte de los trabajadores del campo de la zona de Castilla emigraron al Nuevo Mundo. Tanto en las colonias españolas como inglesas en América, la agricultura no puede considerarse un ejemplo, es más: según los parámetros actuales diríamos que era un desastre. Debido a la gran disponibilidad de suelo, se cultivaba de forma intensiva y, cuando el terreno no producía, se

deforestaba una parcela nueva. Una mala gestión y una baja eficacia implican la necesidad de mucha mano de obra. Generalmente, no bastaba con los nativos, lo que propició el comercio de esclavos para las labores agrícolas, llevado a cabo mayoritariamente por portugueses y holandeses. Es curioso, pero siempre asociamos el uso de esclavos con el sur de Estados Unidos, donde se puso fin a esta práctica al finalizar la guerra de Secesión en 1865, y olvidamos que la esclavitud se abolió en la colonia española de Puerto Rico en 1873 y en Cuba en 1880, más tarde que en Estados Unidos. En su viaje alrededor del mundo, Charles Darwin comentó que nunca había visto mayor crueldad de un ser humano hacia otro como la que vio entre los pequeños propietarios agrícolas argentinos y chilenos hacia los esclavos. Algunos filántropos conocidos del siglo XIX con grandes monumentos y nombres de calles en los ensanches decimonónicos hicieron fortuna con el tráfico de esclavos.

En la España de los Austrias tenemos un invento fundamental para la alimentación cuyo nombre (que no su diseño) ha llegado hasta nuestros días. Las neveras primitivas fueron diseñadas por Francisco Luis de Castellón y no eran más que pozos profundos en los que se acumulaba nieve en invierno que se mantenía hasta el verano. Su importancia era tal que en la ciudad de Valencia llegó a cobrarse un impuesto sobre la nieve que se traía con este fin. Estas neveras popularizaron el consumo de bebidas frías como las aguas de cebada (*Hordeum* en latín), que con el paso del tiempo se harían con un tubérculo llamado chufa, aunque el nombre actual, horchata, sigue siendo derivado de la antigua cebada. Se dice que cuando Jaime I conquistó Valencia y tuvo sed, una mocita le ofreció un vaso de horchata; al rey le pareció delicioso y le respondió a la chica diciendo «això es or, xata» («esto es oro, chata»), una frase de leyenda para promocionar el líquido blanco máspreciado de Alboraya.

La Edad Moderna y los viajes de exploración suponen un aumento exponencial del intercambio de cultivos y empiezan a aparecer en los platos alimentos que hoy nos son muy reconocibles. Por ejemplo, el descubrimiento de América provoca que el maíz, la judía y el pimiento se incorporen a nuestros platos. Otros alimentos básicos como la patata o el tomate tardarán más en ser aceptados. Por otra parte, los portugueses, ingleses y holandeses abren las rutas a las Indias orientales, lo que se traduce en el incremento del mercado de especias. En el siglo XVII era frecuente el cultivo de plantas como el salsifí, también llamado escorzonera, que hoy no pasan de ser curiosidades; incluso en algunos casos se las considera plantas silvestres, cuando en realidad son cultivos en desuso. Otra consecuencia de las grandes exploraciones fue la popularización de los jardines botánicos y las colecciones zoológicas, y empiezan las primeras clasificaciones sistemáticas de los seres vivos. Uno de los problemas que hubo que solventar fue que alguna de estas especies provenía de climas muy diferentes, por lo que su cultivo en la metrópoli era imposible. El jardinero Jean de La Quintinie desarrolla en los jardines de Versalles el cultivo en invernaderos y en interior. De hecho, es el primero que cultiva champiñones, que hasta ese momento solo se consumían silvestres. A Antoine Duchesne, botánico de la corte francesa, le debemos la creación del fresón a partir de dos variedades americanas, una de origen chileno y la otra originaria de Virginia. En la naturaleza, dos variedades de orígenes tan lejanos no se hubieran encontrado ni en un portal de citas por internet.

Con la Ilustración se impulsan los estudios teóricos y económicos basados en la agricultura. En 1758, el economista francés François Quesnay publica su obra *Le Tableau économique*, en la que expone un modelo denominado Fisiocracia, según el cual toda la riqueza de un país depende en última instancia de la agricultura. Esta obra tuvo una amplísima repercusión en su tiempo y la mejor prueba de ello es que la mayoría de los pensadores, intelectuales o científicos de la época dedicaron alguna de sus obras a la agricultura. Por ejemplo, *Los Viajes de Gulliver*, que realmente no es una obra para niños sino una visión crítica de la sociedad de su época. Jonathan Swift pone en boca del rey de Brobdingnag, el país de los gigantes, la siguiente frase: «Aquel que consiga que crezcan dos mazorcas de maíz o dos

briznas de hierba donde antes solo crecía una, merece lo mejor para sí y hace más servicio a su país que todos los políticos juntos». La figura más relevante de la agricultura en el siglo XVIII es Jethro Tull (homenajeados dos siglos después por el grupo de rock de Ian Anderson), autor de la obra *La nueva labranza por medio de la tracción equina*, que compendia todo el conocimiento agronómico de la época. Además, es autor de estudios originales sobre fertilización y nutrición vegetal, y diseñador de la primera sembradora. A finales del siglo XVIII se aplica la máquina de vapor a la agricultura, con el diseño de la desmontadora de algodón de Eli Whitney, capaz de hacer el trabajo de mil esclavos en un día. Thomas Jefferson, futuro presidente de Estados Unidos, fue inventor de un arado, y en 1834 Cyrus McCormick inventó la cosechadora de trigo, que a la vez hacía los fardos de paja, tan típicos del paisaje poscosecha.

En España, muy influenciada por la cultura francesa, las ideas de Quesnay tuvieron gran acogida. La mayoría de los pensadores y políticos de la época dedicaron páginas al cultivo de la tierra y su importancia, como Jovellanos, Floridablanca o Campomanes. El padre Feijoo incluyó la obra «Honra y provecho de la agricultura» en su *Teatro Crítico Universal*. En España, la producción agrícola seguía por aquellos años estando mal repartida y peor organizada. Carlos III trató de poner en práctica algunas ideas de la Fisiocracia y recortar privilegios a la Mesta. También organizó colonias agrícolas en zonas despobladas de Sierra Morena con católicos provenientes de Flandes, dando lugar a pueblos como La Carolina (Jaén), donde todavía es frecuente encontrar gente pelirroja con ojos azules, descendientes de aquellos colonizadores. No obstante, la organización y la producción seguían siendo deficientes. Uno de los detonantes del motín de Esquilache fue un aumento del precio del pan. El país seguía dependiendo de las importaciones de grano. El rendimiento de un campo cultivado en el siglo XVIII era entre cinco y diez veces menos que un campo actual. Estos rendimientos tan lamentables se compensaban con una menor población, pero tenían como consecuencia hambrunas frecuentes y deforestaciones masivas. Un ejemplo de esta presión es la extinción de especies como el uro (*Bos primigenius*), un bóvido salvaje de Europa de gran tamaño que desapareció

por la presión de la agricultura sobre su hábitat. El último fue sacrificado en Jaktorów (Polonia) en 1627. Y todavía hay quien echa de menos la agricultura a la antigua usanza...

El siglo XIX se inicia con grandes avances en fisiología vegetal. Quedan claras las bases de la nutrición de las plantas y que los principales factores limitantes son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Estos dos últimos elementos se obtenían de minas, y el nitrógeno se importaba mayoritariamente de Chile, procedente de minas o de guano. En Alemania, el químico Justus von Liebig crea un fertilizante sintético nitrogenado aprovechando otro invento, la síntesis química de amoníaco por el ciclo de Haber Bosch, fundamental para aumentar los rendimientos agrícolas. La importancia de este dicho es tal que se calcula que el 75 por ciento de los átomos de nitrógeno de tu cuerpo se han incorporado a la materia orgánica a través de él.

En 1843, John Bennet Lawes crea en su granja de Rothamsted el primer laboratorio agrícola, que en la actualidad sigue siendo uno de los centros punteros en investigación agraria. Las sociedades científicas y agrarias, fundadas en el siglo anterior, siguen con su labor de difusión de la agronomía. Por ejemplo, a la Royal Horticultural Society de Londres le debemos la introducción en Europa del kiwi, el caqui y la mandarina. El kiwi no se cultivaría en España hasta el año 1986. También se sistematiza la enseñanza de la agricultura. La primera escuela se abre en 1810 en Moglin (Alemania); en España la primera aparece en 1855 en Aranjuez. La revolución industrial también influyó en nuestra forma de alimentarnos con la invención de la refrigeración industrial y las primeras neveras, y con otros inventos que cambiarían nuestras despensas, como la lata de conservas, creada por el cocinero francés Nicolas Appert.

A pesar de los avances en agricultura, siempre ha habido gente que se oponía a ellos. En el siglo XVIII el misionero y viverista americano John Chapman, cuyo nombre de guerra era Johnny Appleseed, predicaba que el injerto de frutales era una intromisión humana diabólica. Había que plantar

la semilla y solo Dios podía mejorarla. Dos siglos después, Rudolf Steiner abogaba por la astrología y los rituales mágicos con cuernos rellenos de estiércol y calaveras enterradas en el lecho de los ríos para crear la agricultura biodinámica. Hoy siguen existiendo grupos que demonizan el uso de la tecnología en agricultura, pero injertan manzanos. Todos tienen algo en común: dan de comer a muy poca gente.

Aunque existía anteriormente, en el siglo XIX se generalizan las patentes y los registros sobre cultivos, un debate que últimamente tiene bastante repercusión mediática. Hay que indicar que las patentes y la vulneración de ellas, o la usurpación a sus propietarios (biopiratería) es algo que ya existía en el siglo XIX. A principios del siglo XIX, y gracias a los avances en mejora genética, se establece en Francia la empresa familiar de semillas Vilmorin, que sigue en funcionamiento en la actualidad.

Los grandes viajes e intercambios de semillas y cultivos tuvieron el efecto de universalizar las plagas, ya que estos nuevos cultivos no tenían protección frente a algunas plagas que existían en su lugar de destino, o al revés, llevaban dentro de ellas plagas que en su destino no tenían competencia. En el siglo XIX se vivieron la crisis de la patata en Irlanda, provocada por el hongo *Phytophthora infestans*, y la filoxera en Francia, que acabó con casi todas las viñas, lo que provocó que se potenciara el uso de los plaguicidas. Los pesticidas que se desarrollaron entonces —como el arseniato de plomo o el fluorosilicato de bario— nos horrorizarían hoy en día. En esa época, el botánico Alexis Millardet desarrolló el caldo bordelés para tratar los hongos de la viña, compuesto de sulfato de cobre e hidróxido de calcio; a pesar de ser muy contaminante sigue usándose, principalmente en agricultura ecológica. Los primitivos plaguicidas y fitosanitarios, derivados del arsénico, presentaban una toxicidad para el agricultor y para el entorno elevadísima. Por cierto, muchos de estos derivados del arsénico se han utilizado en agricultura hasta la mitad del siglo XX. Hay que considerar que en la antigüedad la agricultura fue cualquier cosa menos respetuosa con el medio ambiente, y solo muy recientemente se han considerado criterios de sostenibilidad y de impacto ambiental.

España continuaba con su atraso. La desamortización de Álvarez Mendizábal fracasó en su intento de obtener una distribución más justa de la tierra y la mayoría de los bienes enajenados a la Iglesia pasaron a manos de grandes propietarios. En esta época se impulsaron cultivos que han pervivido hasta nuestros días, como el olivo en Andalucía o la naranja en Valencia. Empezó a elaborarse el cava en Cataluña a gran escala y la industria del azúcar basada en la remolacha se desarrolló en el valle del Ebro y en Andalucía. España siguió pagando peaje por el atraso tecnológico. Buena parte del aceite andaluz se refinaba en Italia por no existir maquinaria adecuada y se exportaba bajo marcas italianas, algo que ocasionó una importante merma económica al sector. Parece que por fin hoy estamos reconduciendo este problema histórico.

#### LA AGRICULTURA RECIENTE

Llegamos al siglo XX, con la explosión demográfica global y un mundo que requiere cada vez más alimentos. En el siglo XIX el clérigo y economista británico Malthus predijo que la humanidad se colapsaría a mitad del siglo XX debido a que las clases pobres eran muy prolíficas y no habría recursos para darles de comer. Lo que muchos olvidan es que en la última edición de su obra, en 1805, él mismo ya dudaba de esta profecía debido a que se dio cuenta de que los avances tecnológicos permitirían aumentar la producción de alimentos. Malthus no llegó a ver sembrar los primeros híbridos de maíz en Estados Unidos; corría el año 1908. Hacia 1920 casi todo el maíz era híbrido y se cuadruplicaba la producción de este cereal. No obstante, en 1969 el entomólogo y experto en demografía Paul R. Ehrlich hizo una previsión todavía más pesimista augurando el colapso para la década de los setenta. Según Ehrlich, cientos de millones de personas morirían de hambre antes del fin del siglo XX tanto en las zonas pobres como en las ricas. Esto nunca pasó gracias a que, mientras él decía esto, se estaba desarrollando la segunda revolución verde, y los avances en la industria química permitieron un

crecimiento exponencial de los fitosanitarios y fertilizantes. A la vez, empezaron a considerarse criterios de sostenibilidad. No olvidemos que en el siglo xx surgen las primeras prohibiciones y limitaciones al uso de pesticidas.

Por otra parte, en el contexto de la segunda revolución verde también se inició el desarrollo de nuevas variedades e híbridos, sobre todo de arroz, trigo y maíz, que permitieron en pocos años doblar la producción de grano a nivel mundial. Cabe destacar el papel de Norman Borlaug —considerado uno de los padres de esa revolución verde y, de hecho, de la agricultura moderna— desarrollando híbridos de trigo en México. Posiblemente, más gente esté viva gracias a este ingeniero agrónomo y genetista que al inventor de la penicilina, Alexander Fleming, como quedó patente tras recibir Borlaug el Nobel de la Paz en el año 1970. A muy poca gente le sonarán variedades de trigo como Gaines, Pitic 62, Pénjamo 62 o Siete Cerros, o los genes provenientes de la variedad japonesa Norin 10 que se introdujeron por hibridación, pero estas variedades impidieron que millones de personas se murieran de hambre por ser mucho más productivas y fáciles de cultivar que las anteriores.

En el siglo xvii, el experto en economía y político inglés William Petty argumentó que a medida que avanza la tecnología y se abaratan los costes (él hablaba principalmente de transporte) se abren nuevos mercados y la mano de obra va abandonando la agricultura y pasando a otros sectores. En el siglo xx, el economista Colin G. Clark reformuló esta ley y propuso que una medida del avance de una sociedad es la transferencia de mano de obra del sector agrícola al industrial y del industrial al de servicios, lo que se conoce como ley de Petty-Clark. Por lo tanto, debemos la sociedad que tenemos a que hemos aplicado la tecnología a la agricultura, la hemos hecho eficiente y actualmente los supermercados están llenos de comida a un precio asequible. Y todavía hay quien dice que el futuro de la agricultura pasa por volver a los métodos tradicionales o «ecológicos». El que añore la vida en el campo que lea *Los santos inocentes*, de Miguel Delibes, o alguna novela de Blasco Ibáñez y compruebe que ese pasado idílico nunca existió. Y si tienen estómago les recomiendo *La Balada del Narayama*, de Shoei Imamura, una película sobre la vida en una aldea agrícola en Japón a finales del siglo xix. En el año 1900 más de la mitad de la población española se dedicaba a la agricultura, hoy es menos del 5 por ciento. Si vemos cómo han cambiado las

condiciones de vida en este siglo, comprobamos que se cumple inexorablemente la ley de Petty-Clark. Por lo tanto, llenar los supermercados para que nosotros podamos llenar las neveras no ha sido fácil y tiene detrás más de 10.000 años de historia de la humanidad. La dieta ha estado sujeta a los vaivenes históricos y a las circunstancias económicas, pero no olvidemos que nunca hemos tenido tanta seguridad alimentaria ni los alimentos han sido tan asequibles como ahora.

Por cierto, en este capítulo he hablado de la evolución de la comida desde el punto de vista de la tecnología y de la economía, pero quizá me haya dejado un detalle: somos seres heterótrofos, es decir, tenemos que alimentarnos de materia que previamente ha estado viva. La comida, desde fuera, se rige por circunstancias históricas y económicas, aunque al final un alimento no deja de ser un organismo vivo y, como tal, depende de las leyes de la biología. Por lo tanto hay un aspecto de la historia de la comida que tiene que ver con la evolución biológica de la propia comida. ¿Y dónde se producen estos cambios y esta evolución? En sus genes, en su ADN. Vamos a ver qué ha pasado ahí dentro durante estos años.

## CAPÍTULO 2

### BREVE HISTORIA DE LA COMIDA DESDE DENTRO

Toda la historia de la comida narrada en el primer capítulo puede ser sometida a una segunda lectura: podemos contar la misma historia, pero desde la perspectiva de la biología. La historia de la comida es también la historia de los genes que la forman y cómo el hombre ha ido modificándolos, a su voluntad y en contra de lo que sucede en la naturaleza. En su libro *El gen egoísta*, Richard Dawkins interpreta la teoría de la evolución desde el punto de vista de los genes en vez de desde los organismos. Vamos a intentar hacer lo mismo con la comida.

#### LOS GENES SON EGOÍSTAS

Todos los seres vivos pluricelulares estamos formados por muchas células. En todas y cada una de ellas (con algunas excepciones como los glóbulos rojos maduros) existe un núcleo, y dentro de ese núcleo se encuentra una molécula llamada ADN. Esta molécula forma cadenas largas que se empaquetan en cromosomas. El ADN está formado por una sucesión de cuatro moléculas diferentes, adenina, timina, guanina y citosina (abreviadas como A, T, G y C), que a su vez forman una doble cadena, de manera que una hebra de ADN está enfrentada con una hebra complementaria. Y las parejas siempre son fijas. Una A tendrá en la cadena complementaria una T (y viceversa) y una G una C (y viceversa también). Por eso muchas veces no hablamos de bases de ADN sino de pares de bases, porque salvo en algunos virus las moléculas de ADN son bicatenarias. Hay unas partes de esta larga cadena donde la secuencia de A, T, G y C tiene una pauta precisa, esto es, codifica información.

A ese fragmento de información le llamamos gen.

Haciendo una analogía con el lenguaje, podríamos decir que A, T, G y C son las letras. Estas letras se juntan en palabras, que siempre tienen tres letras. Cada una de estas palabras de tres letras codifica un aminoácido que es el ladrillo que forma una proteína, las currantes en un organismo y las que se encargan de controlarlo todo: el colágeno de nuestra piel, la queratina de nuestro pelo o las enzimas que nos permiten obtener energía a partir de nuestros alimentos son proteínas. Una determinada combinación ATG codifica un aminoácido llamado metionina y a la vez sirve como señal que indica «aquí empieza un gen» y otras tres combinaciones TAG, TAA y TCA no codifican ningún aminoácido, pero sirven de punto final: es como si dijeran «aquí acaba un gen». Antes del inicio del gen (del ATG) hay una secuencia llamada promotor que no codifica aminoácidos pero que es la que contiene la información de cuánto y cuándo se va a expresar este gen. Para producir una proteína a partir de un gen, además de la secuencia del gen, que nos dice qué proteína será, y del promotor, que nos dice cuándo y cuánto se expresará, necesitamos una molécula intermediaria. Es el ARN. Esta molécula hace una copia de la secuencia del gen en el núcleo de la célula, sale del mismo y lleva esta información a un orgánulo de la célula llamado ribosoma, que es donde se fabrican las proteínas. Y en este párrafo he condensado un curso entero de biología molecular.

Por lo tanto, los genes son fragmentos del ADN que normalmente codifican una determinada proteína. Entre dos personas diferentes la mayoría del ADN será igual, porque a fin de cuentas todos tenemos una cabeza, dos brazos y dos piernas, y un hígado, pero a la vez todos somos diferentes. Salvo los gemelos idénticos todos nos diferenciamos, y eso se debe a que el mismo gen puede tener diferentes versiones. Si comparamos los genes que determinan el color de pelo encontraremos que entre un rubio y un moreno hay ciertas diferencias que son las que inducen que sean diferentes, y así podríamos ir a todas y cada una de las particularidades; esto explica la variación entre individuos. En genética se llama alelo a las variantes que puede tener un

mismo gen. Supongamos que en el conjunto de genes —llamado genoma— hay un gen que codifica el color de pelo. Una persona rubia y una morena tendrían diferentes alelos del gen que codifica el color de pelo.

Cuando tratamos de explicar las bases de la genética solemos buscar ejemplos muy visuales, como el color de pelo o de ojos, que curiosamente son caracteres complejos que dependen de varios genes. Hay que tener en cuenta que la variación entre genes afecta a todos los aspectos de un organismo. Por ejemplo, que unas personas aguanten mucho el alcohol y otras se emborrachen con una cerveza, o que haya gente intolerante a la lactosa y gente que no, o las enfermedades genéticas, también se debe a los diferentes alelos del mismo gen que tenemos cada uno.

Todo esto del A, T, G y C, el código genético y cómo se transmite la información lo aprendimos en el siglo XX, pero que había algo llamado gen ya lo sospechábamos en el siglo XIX, gracias al trabajo del monje agustino Gregor Mendel, que estudiando guisantes y judías ya había establecido las leyes de la genética y cómo se heredan estos genes. Mendel vio que los genes se heredan de forma independiente, es decir, que una planta podía tener guisantes rugosos y amarillos, y cruzarse con una que diera guisantes lisos y verdes. La descendencia podía ser guisantes rugosos amarillos o verdes, o lisos verdes o amarillos.

Y también se dio cuenta de otra cosa. La mayoría de los organismos tenemos el genoma (el conjunto de todo el ADN) duplicado, lo que implica que tenemos dos copias de cada gen. Mendel descubrió que había genes que dominaban sobre otros. Cuando cruzaba guisantes de piel rugosa con guisantes lisos, en la siguiente generación todos eran rugosos; pero si cruzaba esta generación entre sí, un 25 por ciento de los descendientes volvían a tener la piel lisa, mientras el 75 por ciento seguían siendo rugosos. Así que unos genes son dominantes y otros recesivos. Cuando las dos copias son iguales decimos que tenemos un individuo homocigótico y expresará el carácter, independientemente que sea dominante o recesivo, pero si tiene dos copias diferentes tenemos lo que se llama un heterocigoto y lo que veremos será el

efecto del gen dominante. Pero no olvidemos que al tener una copia de un gen recesivo, al cruzarse con alguien portador de otra copia de un gen recesivo, puede tener un descendiente que vuelva a ser homocigótico y exprese el carácter recesivo.

ADN es una molécula muy estable. Cuando papá pone la semillita en mamá, o cuando una abejita lleva el grano de polen a una florecilla, lo que está pasando es que las células que intervienen en la reproducción (los gametos) solo tienen una copia de la dotación genética, pero esa copia que aporta papá no es exactamente igual a la de mamá, y todas las copias de papá o de mamá tampoco son iguales entre sí. Cuando se forman los gametos por un proceso biológico llamado meiosis, las dos copias de los cromosomas se recombinan como si cogieras dos mazos de cartas, los barajaras y los volvieras a separar. Eso explica que los hermanos se parezcan, pero no sean iguales y que los genes se hereden de forma independiente. Y aquí te he condensado un curso de genética. No dirás que no estás amortizando lo que te ha costado el libro. Todo esto que he explicado se aplica tanto a ti, lector, como a las especies que te dan de comer.

## NOSOTROS EVOLUCIONAMOS Y LA COMIDA TAMBIÉN

Coetáneamente a Mendel, Charles Darwin y Alfred Russell Wallace desarrollaron la teoría de la evolución, que explica que unas especies proceden de otras. La evolución nos dice que diferentes fenómenos, como el aislamiento de una población o una circunstancia que eliminara a algunos individuos peor adaptados, pueden hacer una presión de selección que facilite la formación de nuevas especies. Otro aspecto es que todas las especies compiten y las que mejor se adaptan son las que sobreviven. Esta teoría se ha matizado y científicos como Lynn Margulis han señalado la importancia de aspectos como la cooperación. Darwin no tuvo constancia del trabajo de Mendel, a pesar de que se sabe que Mendel sí conoció el trabajo de Darwin y se sospecha que le envió una copia de su trabajo, copia que Darwin nunca llegó a leer. Ni Darwin ni Mendel supieron que, por las mismas fechas, el médico suizo Friedrich Miescher había descubierto una molécula nueva en

las vendas llenas de pus de los heridos de la guerra francoprusiana que se llamó ADN, donde están codificados los genes. Teniendo claro qué son los genes y cómo se heredan, podemos entender qué ha pasado con ellos durante la historia de la vida. Todos tenemos un antepasado que se llamaba LUCA, acrónimo de *Last Universal Common Ancestor*, o último ancestro común universal, que era un organismo muy simple de una sola célula a partir del cual derivamos todos. Y del ADN que tenía provienen todos los genomas de las especies que conocemos. Por eso todos compartimos el mismo código genético, puesto que todos provenimos del mismo organismo. Y ¿cómo puede ser que a partir del antepasado LUCA ahora tengamos ornitorrincos, patatas, osos polares y primos en Cuenca?

Esto se debe a que el ADN es estable, pero se producen de vez en cuando cambios en la secuencia. Algunos de estos cambios pueden producir a su vez cambios en los genes. Son las famosas mutaciones. Si alguno de estos cambios produce una ventaja, posiblemente ese cambio se mantendrá y provoque la aparición de una nueva especie. De hecho la aparición de nuevas especies, y el hecho de que se creen barreras en la reproducción entre especies diferentes, es una estrategia evolutiva para garantizar que la vida sigue existiendo. Imaginémonos que todas las especies pudieran cruzarse con todas, un pulpo con un geranio o una bacteria con un gato. Al margen de encontrar descendencia exótica como flores con tentáculos o cefalópodos floreados, a la larga esto implicaría que se homogeneizarían todas las poblaciones y se acabaría con la biodiversidad. Todos los bichos vivientes seríamos más o menos iguales. Si hubiera algún cambio radical, como que un meteorito cayera en la tierra, o sobreviviríamos todos o, lo que es más probable, moriríamos todos. Así, lo que pasó hace 65 millones de años cuando cayó el meteorito fue que desaparecieron la mayoría de los dinosaurios (solo sobrevivieron los antepasados de los pájaros), pero en cambio otros bichos se encontraron libres de competencia y medraron, como los mamíferos. Si no hubiera existido biodiversidad, la vida ya no existiría.

¿Cuánto ADN hace falta para un organismo? No hay una respuesta. A grandes rasgos, una planta o un animal tienen más ADN que un hongo unicelular, pero si miramos de cerca no hay una correlación entre la complejidad de un organismo y el ADN que contiene. A esto le llamamos la

paradoja del valor C (C es la cantidad de ADN del genoma haploide, es decir, el que hay en un gameto). El ratón tiene un genoma mayor que el del hombre, y la mayoría de las plantas también. Incluso dentro del mismo orden, organismos evolutivamente cercanos tienen gran variabilidad respecto a la cantidad de ADN que contienen. Hay anfibios e insectos con genomas enormes, y otros con genomas muy reducidos. Tampoco hay una relación directa entre la cantidad de ADN de un organismo y el número de genes que contiene. Es más, una de las estrategias evolutivas es duplicar el genoma entero. Si en vez de dos copias del genoma tienes cuatro o seis, es como tener más copias de seguridad de un archivo importante y además se favorece la adaptación evolutiva. Si tienes una mutación en un gen con una función esencial, te queda la otra copia y puede que esa mutación dé lugar a una mejora evolutiva. Pero no todo es bonito. Un genoma más grande requiere más tiempo y más energía para su replicación, por lo que hacer células nuevas será mucho más costoso. En plantas, la duplicación del genoma es una estrategia evolutiva clásica que tiene aplicaciones, por ejemplo, en agricultura. Las variedades de trigo que utilizamos para fabricar pan son hexaploides (seis copias del genoma) y las de pasta tetraploides (cuatro copias del genoma). Los plátanos son triploides (sí, lo has adivinado, tres copias).

¿Cuáles son los genomas más grandes? Hasta hace unos años era el del *Protopterus aethiopicus*, un pez pulmonado que se encuentra en África con un genoma de 133.000.000.000 pares de bases. En octubre de 2010 se publicó el descubrimiento de una planta llamada *Paris japonica*, nativa de las montañas de alrededor de Nagano, que tiene un genoma de 150.000.000.000 pares de bases. Eso es cincuenta veces el tamaño de un genoma humano, o lo que es lo mismo: una barbaridad. La planta con menor genoma conocido hasta hoy es la *Arabidopsis thaliana* o berro de oreja de ratón. Esta planta es la más utilizada en los laboratorios de biología molecular de plantas. ¿Casualidad? No. De hecho, se utiliza como organismo modelo para estudiar plantas porque su pequeño genoma facilita su estudio. En biología molecular, como en otros aspectos de la vida, el tamaño importa.

## ¿Y SI CAMBIAMOS LA PERSPECTIVA?

Tenemos la costumbre de explicar la biología y la genética en función del organismo, pero vamos a cambiar la perspectiva y hacerlo en función de los genes. La evolución es muy cruel con el organismo... Lo que realmente le importa son los genes, como dijo Richard Dawkins en su obra *El gen egoísta*. La biología no se preocupa de que el organismo sobreviva, sino de que lo hagan sus genes. Para entendernos, una planta, por ejemplo, es un organismo sésil, que no puede moverse. Una estrategia de defensa contra los herbívoros es acumular productos tóxicos, de forma que cuando un animal se la coma le produzca algún tipo de efecto adverso y así la próxima vez evite comer plantas de esa especie. Obviamente la planta se muere, porque se la ha comido la vaca, pero la especie se beneficia porque el animal aprende que no debe comer esa planta. Los animales superiores suelen tener pocas crías y las cuidan para que lleguen a la edad adulta, pero, en cambio, la estrategia que usan muchas especies de animales y plantas es tener un gran número de crías absolutamente desprotegidas con la finalidad de que un porcentaje mínimo llegue a la edad adulta. Hay casos más extremos. En biología existe un proceso llamado apoptosis, o muerte celular programada, por el cual las células desarrollan un mecanismo para suicidarse. En un organismo pluricelular esto tiene sentido, ya que si una célula presenta problemas (por ejemplo, se ha producido alguna mutación y está proliferando indiscriminadamente, pudiendo provocar un tumor o un cáncer) es lógico tener un mecanismo de defensa que la elimine. Lo sorprendente es que este mecanismo existe en organismos unicelulares como la levadura, en la cual unas células se suicidan para beneficiar a la colonia. Conclusión: el diseño de los seres vivos está pensado para los genes, no para los organismos que codifican. Desde este punto de vista, un mono sería una forma de almacenar ADN en un árbol, un pez de hacerlo en el mar y una bacteria extremófila en un sitio donde pocos organismos tengan acceso.

¿Y todo esto qué tiene que ver con la alimentación y los transgénicos? Vamos a repensar la historia de la agricultura y la alimentación desde el punto de vista de los genes.

Para empezar, mirémonos a nosotros mismos. Todavía llevamos en nuestros genes el legado de nuestro pasado nómada. Uno de los primeros síntomas de una nutrición pobre en una mujer es la amenorrea (interrupción del ciclo menstrual), que puede comportar que la menstruación tarde unos meses en reaparecer a pesar de que se recupere una alimentación correcta. Esta es una estrategia fisiológica de supervivencia en una situación de alimentación insuficiente, ya que llevar adelante un embarazo implicaría un grave riesgo para la madre y el hijo. Esta particularidad es una reminiscencia darwinista de cuando era frecuente que una época de alimento abundante fuera seguida de una época de hambre. Otra reliquia es el gen PPAR- $\gamma$ , responsable entre otros de que toda la energía sobrante sea almacenada en forma de triglicéridos como reserva para tiempos peores y que en nuestra sobrealimentada sociedad occidental solo sirve para criar michelines; lo que en la prehistoria fue útil para la supervivencia, hoy aumenta el riesgo de sufrir un infarto.

La verdad es que genéticamente todavía no estamos diseñados para vivir al lado de una nevera llena de helado y beicon, porque nuestros genes aún piensan que estamos cazando mamuts. Esto queda reflejado en las poblaciones que han pasado de nómadas a sedentarias de golpe; por ejemplo, los nativos americanos que fueron confinados en reservas y cambiaron su estilo de vida presentan bastantes problemas de salud.<sup>1</sup> La domesticación de animales y plantas no solo implica cambiar los genes de la planta domesticada, a veces también los nuestros. Cuando nacemos, todos los mamíferos tenemos una enzima llamada lactasa que ayuda a digerir el azúcar presente en la leche. En la mayoría de los mamíferos en edad adulta esta enzima no tiene actividad, por lo que consumir leche les produce problemas gastrointestinales. Sin embargo, buena parte de los europeos y algunas otras poblaciones consumen leche en la edad adulta mientras otras poblaciones tienen como rasgo genético ser intolerantes a la lactosa. Diversos estudios genéticos han determinado que la tolerancia a la lactosa correlaciona con descendientes de poblaciones que en el Neolítico pastoreaban cabras o vacas,

lo que hizo que se creara una selección a favor del consumo continuado de leche.<sup>2</sup> Por lo tanto, queda claro que en nuestro genoma tenemos restos de nuestro pasado nómada y de primitivos ganaderos.

Algo tan obvio como que los genes siempre están cambiando de forma natural o artificial, a veces no se entiende o no se quiere entender. En uno de los primeros debates sobre OGM que se celebraron en España, se enfrentaron un naturalista y el catedrático de genética Francisco García Olmedo. El *imbatible* argumento del naturalista fue leer un poema de san Juan de la Cruz y aseverar que era el mejor poema jamás escrito en lengua castellana, y que no podía cambiársele ni una letra. Según él, el hombre tampoco tiene derecho a cambiar ni una letra del ADN de una planta o un animal. Cuando uno debate con alguien lo mejor es saber a quién tiene enfrente. García Olmedo, además de científico, tiene publicadas novelas y libros de poesía, y si el naturalista hubiera investigado un poco más, igual hasta habría descubierto que el *García* de García Olmedo es el mismo que el de García Lorca, puesto que eran primos segundos. En un momento, García Olmedo desmontó los dos argumentos, el literario y el genético, ninguno de los cuales tenía demasiado sentido. La científica americana Barbara McClintock descubrió, mientras trabajaba con maíz, que existen unos elementos en los cromosomas, a los que llamó «genes saltarines», que tienen la capacidad de ir moviéndose por el genoma. Por lo tanto, un genoma es cualquier cosa menos algo inamovible o fijo, que queda muy bien para los creacionistas y los que creen que la vida es algo divino, pero no es la realidad.

## DOMESTICANDO GENES

Con el nacimiento de la agricultura surgió una nueva disciplina de la ciencia, la biotecnología. El término lo utilizó por primera vez el ingeniero húngaro Karl Ereky en 1919. Su definición no es fácil. Por ejemplo, según el convenio sobre diversidad biológica de las Naciones Unidas de 1993, biotecnología es «*toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos*». Esta definición es más global y no tan

concreta como la del Protocolo de Cartagena —una organización internacional que regula los organismos vivos modificados, fruto de la biotecnología—, que trata de definirla en función de los cambios en el ADN o a nivel celular. En general todas las definiciones hacen referencia a la capacidad de modificar y mejorar los organismos vivos con algún fin concreto. Por lo tanto, la biotecnología engloba la domesticación de animales y plantas que se hizo en el Neolítico. La naturaleza selecciona los mejores genes por criterios de competencia y de supervivencia de la especie, en cambio nosotros lo hacemos por unos criterios diferentes. La selección natural busca que la especie sobreviva y su ADN se perpetúe, pero en una especie doméstica la supervivencia no depende de ella misma sino de nosotros, que la cuidamos y la protegemos. De hecho, cuando la especie deja de ser útil es bastante frecuente que desaparezca, como ya está pasando con los burros domésticos y con muchísimas variedades de gallina, de oveja o de cerdo.

La huella de la intervención humana ha quedado reflejada en los genomas de las especies que hemos domesticado. Actualmente, gracias a la biología molecular y a las técnicas de secuenciación masiva de ADN podemos reconstruir la historia evolutiva de muchas especies y ver dónde crecían originalmente y cuándo fueron domesticadas. La sandía es una planta para la que existe una gran diversidad genética en África, por lo que se pensaba que fue allí donde se domesticó; sin embargo, algún estudio apuntaba a un origen indonesio. Gracias al estudio de especímenes antiguos almacenados en museos, parece que ha tenido varias domesticaciones independientes.<sup>3</sup>

Otro ejemplo sería la berenjena, de origen africano pero domesticada en la India, donde la mayoría de las especies silvestres que existen provienen de la variedad cultivada originalmente. Las berenjenas y las sandías son ejemplos de domesticaciones rápidas, y lo podemos explicar fácilmente fijándonos en los genes. En la naturaleza las plantas tratan de dispersar su ADN de varias formas. Para empezar hacen las semillas con largas plumas o filamentos, para facilitar su propagación; también maduran de forma escalonada para aumentar las posibilidades de germinar y acumulan la mínima energía necesaria para facilitar la germinación del embrión de la

planta y a su vez que la semilla sea ligera y resistente. En cambio, en agricultura nos interesa que la semilla no se disperse, sino que se quede en la espiga, que madure a la vez para facilitar la cosecha y que cuantos más nutrientes acumule y más grande sean la semilla o el fruto mejor. También nos interesa que las plantas estén desprovistas de defensas como espinas o productos tóxicos. En la naturaleza las plantas seleccionan genes que sirvan para la supervivencia de sus propios genes. Por ejemplo, un gen que produzca que una planta tenga espinas tendrá ventaja sobre un alelo que sea incapaz de producir espinas. ¿Por qué? Porque la planta estará mejor defendida y se la comerán menos bichos. Si el alelo que produce espinas es recesivo frente al que no las produce lo normal es que acabe desapareciendo y se seleccionen plantas con espinas, que tendrán las dos copias; pero si es dominante, el alelo que no produce espinas sobrevivirá en las plantas heterocigotas. Por cierto, la expresión «meterse en un berenjenal» proviene de que la mayoría de las especies silvestres de berenjena son espinosas, e incluso muchas de las cultivadas, y meterse en un berenjenal hace años era arriesgarse a sufrir raspaduras, arañazos y heridas.

Cuando domesticamos plantas lo que buscamos es que los genes egoístas para la especie que está siendo domesticada desaparezcan en beneficio del egoísmo de nuestros genes, ya que la agricultura se realiza en beneficio de nuestra especie. Normalmente, en una especie domesticada abundan los genes recesivos, al contrario de lo que pasa en una silvestre. Si cruzamos maíz cultivado con teosinte (maíz silvestre) la descendencia se parecerá mucho más al silvestre que al cultivado, ya que la mayoría de sus genes son dominantes. Esto explica que la hibridación con especies silvestres sea un problema gordo para la agricultura y puede hacer que se pierdan cosechas.

Sin embargo, no todas las domesticaciones han sido rápidas. El trigo actual procede de la hibridación de especies diferentes, por eso unas variedades contienen cuatro copias del genoma y otras seis, a diferencia de la mayoría de los organismos silvestres que, como nosotros, solo tienen dos copias del genoma. Esta fusión de genomas normalmente se correlaciona con un mayor tamaño de la planta y, por tanto, del grano. Otro ejemplo es el maíz. Arqueológicamente hemos podido trazar que los antiguos mayas

domesticaron el maíz a partir del teosinte en un periodo de unos doscientos años. Esta «lentitud» es debida a que las mutaciones interesantes son muy infrecuentes en la naturaleza, aunque algunos cambios fundamentales no son los más evidentes. El teosinte tiene las hojas caídas, mientras que el maíz cultivado las tiene tiesas y orientadas hacia arriba, lo que le permite aprovechar mejor la radiación solar. Entre las especies de cereales cultivadas más antiguas estarían el trigo de Emmer, la escaña (un cereal en desuso), la cebada, la lenteja, el guisante, los garbanzos y el lino. La patata se domesticó hace entre 5.000 y 7.000 años a orillas del lago Titicaca. Existen variedades silvestres haploides y diploides. Las diploides son menos tóxicas y dan tubérculos más grandes, por lo que la domesticación empezó cuando se seleccionaron estas y empezaron a sembrarse a partir de los grillos y no de las semillas. Años después se seleccionaron variedades tetraploides, que se cruzaron con tetraploides naturales y fueron el antepasado de la actual patata. Su cultivo en Europa fue problemático, ya que estaban adaptadas a los cortos días de los Andes, cerca del Ecuador, con alrededor de doce horas de luz y doce de oscuridad. Al llegar al Viejo Continente, los días largos del verano impedían que la patata formara tubérculos, problema que costó casi doscientos años solventar.

A todos nos es familiar el término genética, y lo asociamos como la parte de la ciencia que estudia la herencia biológica, o directamente la ciencia que estudia los genes. Lo que no es tan conocido es que el nombre se lo debe precisamente a la gente que modifica plantas para la agricultura, es decir, a los mejoradores. En 1906 se celebró en Londres la III Conferencia sobre Hibridación y Mejora Vegetal, y se decidió cambiar el nombre por III Conferencia Internacional de Genética. El término gen se acuñó tres años después.

Algunos cambios han sido más radicales, como variar la forma de reproducción de una planta. Cuando hemos seleccionado una planta interesante queremos que esos genes se mantengan estables, mientras que los genes egoístas de la naturaleza utilizan la reproducción sexual para facilitar la

selección de los mejores genes para perpetuar su supervivencia. La reproducción sexual implica intercambiar los genes de dos individuos para que la descendencia tenga una mezcla de ambos, se supone que así prosperará la mejor combinación. La evolución ha adornado la reproducción sexual para favorecer la selección de los mejores. Muchos animales tienen complicados mecanismos de cortejo o incluso competencia por las hembras para asegurarse que los más fuertes sean los que se reproduzcan. Mi favorito es el *penis fencing*, o esgrima de pene, que realizan unos gusanos marinos hermafroditas. Cuando dos de estos gusanos se encuentran, luchan entre ellos utilizando los penes como espadas. El que gana el combate insemina al otro y actúa de macho, y el otro hará de hembra. La diferencia es que el que hace de hembra se dedica a incubar los huevos, mientras que el macho puede seguir combatiendo por inseminar. Así, la mayor descendencia será de los individuos más fuertes o hábiles. En plantas, a pesar de que muchas también son hermafroditas, hay mecanismos para evitar la autofecundación y favorecer el intercambio de genes, muchas veces utilizando insectos u otros animales como polinizadores. Incluso entre organismos unicelulares como las levaduras hay complicados mecanismos para asegurarse la reproducción sexual y el intercambio de genes entre individuos de la misma especie o de especies compatibles.

Un detalle muy obvio que parece que hemos olvidado: los genes se comen. Hace unos años un periodista británico clamaba por el derecho que tenemos a una comida libre de genes. También una encuesta de la Fundación BBVA apuntaba a que el 68 por ciento de los españoles cree que los tomates normales no tienen genes, pero los transgénicos sí (por eso decidí ponerle a mi blog el nombre de *Tomates con genes*). La verdad es que todo lo que nos comemos, ya sea un champiñón, un filete de ternera o una pizza cuatro estaciones, contiene todo el genoma de la especie. Pero no solo eso. También el de las bacterias y los virus que, de forma natural y sin causar ningún problema, les acompañan (vivimos rodeados de microorganismos). Por lo tanto, ya sabes: cada vez que pegas un bocado ingieres millones de genomas enteros.

Mientras que a la naturaleza le gusta el sexo, nosotros apostamos por la castidad y somos capaces de eliminarlo en las plantas que domesticamos (en animales es más complicado). Si tenemos una especie útil, no nos interesa que siga compartiendo sus genes con otros individuos y aumente la variabilidad, sino que queremos que se propague tal y como es. Para domesticar se seleccionan plantas capaces de autofecundarse, hermafroditas o capaces de reproducirse asexualmente. Por ejemplo, la vid primitiva es dioica, es decir, hay vid macho y vid hembra, pero en cambio la vid cultivada es hermafrodita. La patata en la naturaleza se reproduce por semillas de forma sexual; sin embargo, cuando cultivamos patatas lo que sembramos son los grillos, que son clones de la planta que se reproducen de forma asexual. Cuando mi madre coge una rama de rosal, la pone en una maceta y genera una planta nueva está clonando un organismo y reproduciendo asexualmente una planta que en la naturaleza se reproduciría por intercambio sexual. Las formas de reproducción asexual en la naturaleza suelen estar muy desfavorecidas por reducir la variabilidad genética, pero a nosotros, de cara a cultivar una planta y mantener esos caracteres que hemos seleccionado, nos vienen muy bien. De hecho, hay formas muy tradicionales de eliminar la reproducción sexual. Algunas son de hace milenios. El estudio de los frutales por el hombre primitivo permitió desarrollar nuevas utilidades de la biotecnología diferentes a la selección artificial como la reproducción vegetativa (propagar una planta no por sus semillas sino por esquejes) y los injertos en escudete (coger una yema de una planta e insertarla en otra, aunque sea diferente, de forma que podemos obtener dos frutas diferentes del mismo árbol) son inventos del Neolítico que se siguen utilizando en la actualidad.

Hay una disciplina de la ciencia llamada genética de poblaciones que estudia por diferentes métodos (matemáticos entre ellos) cómo se distribuyen los diferentes genes y alelos en una población. Los científicos que estudian genética de poblaciones han determinado que en la naturaleza, en una población de cualquier especie, si no hay influencias externas o una presión de selección, los diferentes alelos, dominantes o recesivos, de un mismo gen están en equilibrio, esto es, que generación tras generación la proporción de estos alelos permanece constante. A esto se le llama equilibrio de Hardy-

Weinberg. Obviamente, cuanto estamos domesticando una especie y seleccionando aquellos individuos que presentan un carácter que nos interesa, este equilibrio que sucede en la naturaleza desaparece, porque nosotros influimos y rompemos el proceso natural, favoreciendo que a la larga aparezcan nuevas variedades o incluso nuevas especies. La intervención humana en los genomas del resto de las especies es medible. Gran parte de la historia de nuestra cultura no es más que una selección de genes. Por ejemplo, las alcachofas, al contrario de lo que citan algunos autores, no son de origen árabe puesto que ya eran consumidas por los íberos. No obstante, los árabes las cultivaron y realizaron una notable labor de selección y mejora genética que condujo a las alcachofas y alcauciles actuales, como denota su nombre, de origen claramente árabe.

Veamos la conquista de América desde el punto de vista de los genes. Normalmente, el estudio de la alimentación en esta época suele centrarse en los nuevos productos que entran en Europa, pero se olvida que el cambio fue mucho más drástico en América. Cuando unas plantas domesticadas tenían éxito, lo normal es que fueran impuestas o asumidas por las civilizaciones conquistadas. Cultivos como la vid, el olivo, los frutales cítricos, el arroz, la caña de azúcar y el café, y prácticamente toda la ganadería, llegan a América desde Europa. Cada una de las culturas amerindias basaba su alimentación en unas determinadas plantas cultivadas y animales, alimentación que en demasiados casos fue arrasada por los conquistadores, por lo que la conquista y las grandes exploraciones también supusieron la pérdida de un valiosísimo patrimonio genético y de sabores y comidas que han desaparecido con las culturas de las que eran patrimonio. Pero no olvidemos que antes de la conquista europea, entre las tribus nativas ya se producía un intercambio de especies y semillas, y una desaparición de las peores. Por ejemplo, el maíz se cultivaba hasta en Canadá cuando llegaron los españoles, a pesar de que su origen es centroamericano. Lo mismo podría decirse de las judías. Otros cultivos hicieron el viaje de ida y vuelta. Las patatas empezaron a cultivarse

en Europa a partir de doce plantas traídas de América, y de las descendientes de estas plantas europeas empezó el cultivo en Norteamérica, puesto que la patata prácticamente no había salido de los Andes en la época prehispana.

Los hombres no somos los únicos animales que modificamos los genes de otra especie. Desde hace tiempo sabemos que las hormigas cultivan pulgones para alimentarse de sus secreciones azucaradas. Evolutivamente se han encontrado hasta diez casos en que un animal «domestica» a otra especie, por ejemplo, en termitas, escarabajos de ambrosía y moscas formadoras de agallas, que cultivan hongos para su posterior consumo como fuente de alimentación. Incluso hay un caso descrito en que una hormiga cultiva un hongo con fines no alimentarios. La hormiga *Allomerus decemarticulatus* construye una especie de trinchera a lo largo de los tallos de la planta donde habita para esperar emboscada a que se acerque algún bicho incauto. Lo más sorprendente es que la trampa, con aspecto de retícula, está formada por pelos vegetales (tricomas) que las hormigas cortan de la misma planta y entrelazan formando un andamio. Para que el andamio adquiriera consistencia hace falta que un hongo digiera los tricomas. Se ha descubierto que este hongo es cultivado por las propias hormigas y protegido de la invasión de otros hongos silvestres.

## LA REVOLUCIÓN VERDE DE LOS GENES

¿Cómo fue la segunda revolución verde desde el punto de vista de los genes? Por ejemplo, se desarrollaron variedades de trigo enanas mucho más productivas. Hoy sabemos que a nivel de genes estas variedades eran deficientes en la síntesis de una hormona llamada giberelina, por lo que el tamaño era menor. También cambió la forma de generar nuevas especies. Gracias a los descubrimientos que se han mencionado al inicio del capítulo ya sabemos que los genes son fragmentos de ADN y que los nuevos caracteres aparecen cuando hay algún error en la copia, lo que llamamos mutación, que da lugar a un nuevo alelo. En la naturaleza estos errores

ocurren con escasa frecuencia, como ya se ha dicho, y hace falta estar muy atento para detectarlos. Sin embargo, gracias a los avances de la química y la física aprendimos cómo acelerar el proceso.

En 1928, el genetista Lewis Stadler descubrió que sometiendo plantas de maíz o cebada a rayos X se producían cambios importantes. Hoy sabemos que eso es debido a daños en el ADN que producen mutaciones y que podemos obtener lo mismo con determinados productos químicos como el etilmetanosulfonato o el bromuro de etidio. Puedes coger un grupo de semillas de la planta que te interese mejorar, darle un tratamiento para que aparezcan mutaciones, luego ir al campo y ver si por azar alguna de estas mutaciones presenta algún carácter deseable. Esto no supone hacer una variedad transgénica (un poco de paciencia, todavía no hemos llegado ahí) ya que no hay ningún gen foráneo, solo estamos maltratando el propio ADN de la planta o el animal. Y si te parece algo muy raro, o muy artificial, déjame que te recuerde que lo más probable es que en tu última comida hayas comido alguna planta o animal obtenido a través de esta técnica, ya que aún hoy en día es la manera más frecuente de obtener nuevas variedades. Así se obtuvieron el arroz bomba, el fresón de Douglas y otras muchas. Incluso si te tomas una cerveza: en 1995, Carlsberg desarrolló una variedad de cebada que no producía enturbiamiento al enfriar la cerveza mutagenizando semillas de la variedad de cebada que utilizaba y analizando más de dieciocho millones de plantas hasta que dio con la que necesitaba.

También podemos cruzar dos especies que de forma natural no tienen descendencia y hacer que la tengan. Las sandías o las naranjas sin pepitas se producen por hibridación de dos variedades con diferente número de cromosomas, lo que produce que cuando tienen que formar las células sexuales estas no sean viables (como pasa con las mulas, fruto del cruce de caballo y burro, que son viables pero estériles). Sin embargo, existe una droga, la colchicina, que es capaz de duplicar el genoma y hacer que especies estériles sean viables, ya que al tener dos copias de cada uno de los genomas ya pueden producir células sexuales. El triticale se creó en Escocia en 1875 por la hibridación entre trigo y centeno realizada por A. S. Wilson. Las primeras variedades eran estériles, pero gracias a la colchicina en 1888 se obtuvieron variedades viables que podían reproducirse. Hoy se producen

unos trece millones de toneladas en todo el mundo, algunas de las cuales se venden como ecológicas a pesar de ser una especie artificial obtenida con productos químicos.

Por lo tanto hemos visto que la historia de la alimentación no es más que la forma en la que hemos evitado que ciertas especies de animales y plantas siguieran el camino que marca la evolución biológica. No hemos dejado que de modo natural se seleccionen genes que les permitieran prosperar en la naturaleza y hacer que su material genético se impusiera sobre otros. Nosotros, de forma artificial, seleccionamos otros genes que en la naturaleza no tendrían ninguna oportunidad de prosperar. Por ejemplo, existe una enfermedad genética llamada acondroplasia, que es el enanismo de extremidades cortas. Los que lo sufren tienen el tronco y la cabeza de tamaño normal, pero brazos y piernas cortas. Esta enfermedad es una mutación dominante, es decir, que cuando se produce se sufre aunque solo esté presente en una de las dos copias; por eso gente que la sufre puede tener hijos que no la sufren. Esta enfermedad también puede aparecer en la naturaleza, ya que el gen está conservado en la mayoría de los animales. Un animal salvaje que sufra acondroplasia no tiene apenas posibilidades de sobrevivir. Sin embargo, gracias a la domesticación, hemos conseguido que este gen se transmita de forma estable en razas de perro como los basset o los tekkel. Este es solo uno de los muchos ejemplos de cómo la domesticación no es más que un pastoreo de genes. Sin saberlo, a ciegas, hemos cambiado genes, seleccionado genes recesivos y producido mutaciones que de otra forma se hubieran perdido. Hemos desechado y seleccionado genomas enteros de organismos y los hemos sustituido por otros que nos eran más útiles. Por lo tanto, la historia de la alimentación es la historia de la manipulación de genes, a lo bruto y sin saberlo... Sin embargo, llegó un momento en que aprendimos a hacerlo bien.

## CAPÍTULO 3

# Y DE REPENTE, UN TRANSGÉNICO. EL NACIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA

En los dos capítulos anteriores hemos visto cómo la historia de la alimentación ha sido la historia de la manipulación de genes ajenos. La primera necesidad vital que debemos cubrir para poder propagar nuestros genes es la de alimentarnos, y lo hacemos a costa del genoma de especies silvestres a las que modificamos y cambiamos de forma, convirtiéndolas así en domésticas y provocando que escapen a la selección natural. Si el hombre desapareciera, con él lo harían la mayoría de las especies de animales y plantas que ha domesticado. El maíz no podría germinar con su vaina y la mazorca, y con ella las semillas se pudrirían. Lo mismo pasaría con los guisantes y las judías. Respecto a los animales, difícilmente las vacas, cerdos y ovejas domésticas, acostumbradas a que el granjero les ponga el pienso o a pastar en un campo vallado, podrían vérselas contra una manada de lobos u osos.

Otras especies no han sido domesticadas, pero en cierto modo también dependen de la actividad humana. Hace unos años circulaba una delirante teoría que decía que nos dan miedo las ratas y las cucarachas porque serían de las pocas especies que sobrevivirían a una catástrofe nuclear. Curiosamente son dos especies que dependen de la actividad humana, ya que se aprovechan de la calefacción de nuestras casas y de los restos de basura que vamos dejando. Difícilmente en un mundo sin personas que encienden la calefacción en invierno y dejan restos de comida por todas partes, un insecto de origen tropical como la cucaracha hubiera conquistado el mundo. De la misma manera, los jabalíes se han dado cuenta de que buscar comida en contenedores es más rentable que escarbar la tierra, y lo mismo podría decirse

de zorros y demás fauna que prefiere los vertederos de las zonas periurbanas a cazar o buscar. Si el hombre desapareciera, en escasos años el mundo se parecería muy poco al que conocemos, y también cambiarían de forma radical la fauna y la flora, ya que muchas especies que directa o indirectamente dependen de nosotros desaparecerían y otras ocuparían rápidamente su lugar.

Sin embargo, por muy agresivos o radicales que parezcan los cambios que hemos hecho, no olvidemos que la naturaleza nos lleva millones de años de ventaja y nosotros no somos más que vulgares imitadores. En los años setenta del siglo XX descubrimos cómo poner un gen de un organismo en otro... Pero la naturaleza había llegado allí mucho tiempo antes.

## TRANSGÉNICOS EN LA NATURALEZA

Hasta ahora he hablado de las manipulaciones que hemos hecho en las plantas y animales que nos dan de comer, que cazan con nosotros o que nos cuidan las ovejas. Pero no olvidemos que la naturaleza es una feroz competición por los recursos, limitados, donde se seleccionan las especies mejores, a veces porque compiten muy bien y otras porque colaboran. La variabilidad genética en la naturaleza se obtiene por mutaciones, pero también existen mecanismos más complejos que pueden hacer que el ADN no cambie por un error de copia, sino en base a la adquisición de genes de otras especies. A esto le llamamos transferencia horizontal.

Este fenómeno es conocido desde hace tiempo, pero no alcanzábamos a valorar toda su dimensión. En los últimos años se han abaratado los costes de secuenciación, con lo que cada vez es más asequible y rápido leer la secuencia de bases de cualquier organismo. Eso nos ha permitido ver que la mayoría de los organismos han incorporado genes que provienen de otros organismos y que eso es un proceso muy frecuente. Por ejemplo, el 13 por ciento del genoma del boniato procede de otras especies, incluyendo bacterias como la *Bacillus thuringiensis*. La naturaleza no va a renunciar a un mecanismo que produzca variabilidad genética y no tiene tantas manías como el Parlamento europeo a la hora de intercambiar genes.

Otro ejemplo. Existe un gusano marino llamado *Elysia chlorotica*. Esta planaria, como su nombre indica, es de color verde, y tiene unas costumbres que desconciertan a los zoólogos. Se alimenta de algas como la *Vaucheria litorea* y tiene la extraña manía de tomar el sol. A ciertas horas sube a la superficie y cual turista alemana en la playa de Denia se espatarra para alcanzar el máximo número de rayos de sol. Cuando se analizó este bicho se vio que se alimentaba del alga, pero los cloroplastos (los orgánulos que se encargan de la fotosíntesis) no se digerían, sino que se quedaban dentro del organismo del bicho y seguían funcionando, es decir, haciendo la fotosíntesis. Por lo tanto, tenemos un animal que obtiene energía en forma de azúcares del sol gracias a los cloroplastos que ha ingerido de un alga. Un sistema ingenioso. Si nosotros fuéramos capaces de hacerlo, al margen de que tendríamos la piel verde, sería la ruina de las cadenas de alimentación, ya que necesitaríamos ingerir mucha menos cantidad de alimentos y funcionaríamos a base de energía solar. Claro, esto suscitaba una duda: todos sabemos que uno de los problemas más graves a los que tiene que enfrentarse una persona que se somete a un trasplante es el del rechazo. Estamos hablando de órganos de la misma especie entre dos personas diferentes, donde la variación es mínima, pero esto es suficiente para que el sistema inmune se active y ataque al nuevo órgano. Por eso a los trasplantados se les suele dar medicación antirrechazo, como la rapamicina o la ciclosporina, que sirve para atontar el sistema inmune. *Elysia* no tiene un sistema inmune tan desarrollado como el nuestro, pero algo tiene. ¿Cómo es posible que interiorice un órgano entero de otro organismo y este pueda ser funcional? Uno de los mecanismos de este gusano para que los cloroplastos del alga sigan siendo funcionales es la utilización de genes del alga, adquiridos mediante transferencia horizontal.<sup>1</sup>

Las plantas cultivadas también son transgénicas «naturales». En la mayoría de las variedades de trigo cultivadas se han introducido genes de especies silvestres, muchas veces malas hierbas, como *Agropyron*, *Secale* o *Aegilops ventricosa*, para conseguir mejoras como tolerancia a las plagas o al frío. Y también tenemos transgénicos artificiales, pero que no se reconocen como tales. Hace poco se descubrió que en las variedades injertadas (una práctica que se admite en todos los tipos de agricultura,

incluyendo la ecológica) existe un intercambio de genes entre las dos especies que se unen de forma artificial, así que llevamos comiendo fruta transgénica desde el Neolítico.

Por lo tanto, un tomate tiene más tecnología que un iPhone, pero un animal marino o una planta silvestre pueden ser transgénicos. No hace falta tener el privilegio de haber nacido en una ciudad de costa para ver un transgénico natural. Es muy fácil. Por ejemplo, si vais a alguna alameda o a un parque donde haya árboles fijaos en la raíz y veréis unos bultos, llamados agallas. Estos se producen porque en invierno el frío provoca heridas en las plantas (de la misma manera que a nosotros se nos cortan los labios). Esas heridas pueden ser aprovechadas por bacterias del suelo, como la *Agrobacterium tumefaciens* (también conocida como *Rhizobium radiobacter*), para infectar al árbol de forma un tanto peculiar. Las células de todos los organismos pluricelulares y de algunos unicelulares como los hongos tienen una estructura llamada núcleo donde se encuentra el ADN. Las bacterias no tienen un núcleo definido, sino que suelen tener el ADN circular dentro de la célula sin ninguna barrera de separación. Además, a diferencia de nosotros, las bacterias pueden tener un trozo de ADN independiente del ADN principal y que habita independientemente dentro de la bacteria. A esto le llamamos plásmido. Este plásmido puede tener diferentes funciones. En algunos casos sirve para infectar. Cuando la *Agrobacterium* infecta a las células vegetales introduce el plásmido dentro del genoma de la planta, y con ello las convierte en transgénicas, ya que el ADN de la bacteria acaba incorporado al ADN de la planta. Una vez dentro de la planta, el ADN de la bacteria codifica varios genes que sirven para que la célula codifique hormonas que provocan el crecimiento de las células infectadas, más conocidas como agallas, que serán el hogar de la bacteria. Así que esta bacteria utiliza la transgénesis como herramienta de infección de una forma muy natural. Y de hecho nos viene muy bien que lo haga, como veremos en breve.

Hasta aquí hemos visto cómo la naturaleza tiene pocos complejos para cortar y pegar genes o cambiarlos como si fueran cromos. A nosotros nos costó un poco más aprender a hacerlo. Para ello fue importante conocer y luego utilizar las técnicas para copiar, cortar y pegar ADN, lo que nos permitió más adelante desarrollar nuevos organismos (no solo plantas, también bacterias, virus, animales o levaduras). Lo importante es tener claro que realmente no hemos inventado nada. Todas estas técnicas existen en la naturaleza, y nosotros lo único que hacemos es redirigirlas hacia nuestro interés, de la misma forma que las hormigas *Allomerus* cultivan hongos para fabricar sus trampas. Pero es que hacer un transgénico no es tan difícil. El término transgénico fue utilizado por primera vez en 1981 por Gordon y Ruddle, investigadores de la Universidad de Yale, en un artículo publicado en la revista *Science*.<sup>2</sup> Existe un término complementario: cisgénico, que hace referencia a cuando haces un cambio en el genoma de una especie, pero utilizando su propio ADN (por ejemplo, cambiar un gen de sitio).

En 1971, Salvador Dalí diseñó el póster para el tercer Congreso Nacional de Bioquímica. El cartel representaba una doble hélice de ADN con varios ángeles andando sobre ella. Dalí estaba muy interesado en la ciencia, y la doble hélice de ADN es un motivo recurrente en muchas de sus obras. El genio de Figueres explicó que solo los ángeles podían transitar por esa doble hélice. Poco adivinaba que modificar el ADN no tiene nada de angélico ni divino. Técnicamente es muy fácil y muy barato, tanto que hasta un servidor lo ha hecho en incontables ocasiones en el laboratorio. Lo más curioso es que pocas cosas son más naturales que la ingeniería genética, porque se basa en enzimas que se encuentran en la naturaleza.

Vamos a suponer el ejemplo más fácil: queremos coger un gen de una bacteria y ponerla en otra. Un gen no es más que un determinado trozo de ADN. Si nos interesa un gen en especial, lo primero que tenemos que hacer es cortarlo a partir del ADN del organismo de origen para meterlo en el de destino. Resulta que en la naturaleza las bacterias y otros organismos tienen unas enzimas (proteínas capaces de catalizar una reacción química) que reconocen determinada secuencia de letras en el ADN y la cortan. Las bacterias utilizan estas enzimas como un mecanismo de defensa contra un virus o un ADN foráneo, pero si cogemos esta enzima y la ponemos en un

tubo de ensayo con ADN, esta seguirá cortando. Hay toda una batería de enzimas que reconocen determinadas secuencias. En general, estas enzimas reconocen secuencias palindrómicas, es decir, que se leen igual de derecha a izquierda que de izquierda a derecha, como *Ana*, *radar* o *aviva*. O «dábale arroz a la zorra el abad».

Puede que para obtener el gen que queremos no haya ninguna secuencia palindrómica que nos sea útil. En ese caso lo que podemos hacer no es cortar el gen sino copiarlo, utilizando un proceso bioquímico llamado reacción en cadena de la polimerasa, o PCR por sus siglas en inglés. Esta reacción consiste en hacer muchas copias de un fragmento concreto del ADN; en este caso sería donde se encuentra el gen. Para eso solo es necesaria una enzima que copie el ADN. El problema es que el ADN de la bacteria es muy grande y a nosotros solo nos interesa el trozo donde se encuentra nuestro gen. No hay problema. En la reacción añadimos unos fragmentos pequeños de ADN, llamados cebadores o *primers*, que servirán para indicarle a la enzima de dónde a dónde queremos que copie. También podemos trucar estos cebadores para que además de servir de indicación, añadan secuencias palindrómicas con la idea de que luego una enzima corte por allí. Ya podemos empezar a copiar.

Bueno, hay otro problema. Enzimas que copian el ADN tenemos todos en nuestras células, ya que cuando una célula se duplica hay que copiar todo el ADN. No obstante, no estamos utilizando una enzima de humanos, ni de ningún animal o planta. Después de cada ciclo de copia es necesario separar las dos cadenas de ADN para hacer otra copia, y esto requiere aumentar la temperatura hasta casi cien grados. Nuestras enzimas, y las de la mayoría de los organismos, se degradan a cien grados, de la misma forma que cuando frías un huevo la clara pierde su estructura y cambia sus propiedades, pasando de ser transparente a blanca. Si hiciéramos esto al llegar a 100 °C, la enzima que copia el ADN se degradaría y no conseguiríamos hacer copias. Por suerte, la naturaleza vuelve a salir al rescate. Existen bacterias o arqueobacterias que son capaces de vivir en condiciones extremas de temperatura, por ejemplo, en los géiseres del parque de Yellowstone o en las dorsales oceánicas, por donde se fractura la corteza terrestre y se escapa el

magma del interior de la tierra. Si existen microorganismos que pueden vivir allí es porque las enzimas encargadas de realizar sus funciones vitales aguantan estas temperaturas tan altas, como efectivamente sucede.

Bueno. Ya tenemos el trozo de ADN que codifica el gen, bien sea por amplificación o por corte. Un trozo de ADN lineal no es estable. Si eso lo metemos en un organismo, se degradará. Pero si lo metemos en un trozo de ADN circular (sí, en un plásmido) será estable. Para eso solo hay que cortar el plásmido e incubarlo con nuestro trozo de gen. Pero ¿cómo lo pegamos? Pues como se hace casi todo en biología molecular, con otra enzima, en este caso una que es capaz de ver que un trozo de ADN tiene un corte y repararlo. Estas las tiene cualquier organismo, aunque solemos utilizar una de un virus llamado T4 porque es fácil de obtener y funciona bien.

Al final, el producto que obtenemos es un trozo de ADN que contiene nuestro gen dentro de un plásmido en otra bacteria. Pero todo esto se ha hecho *in vitro*, en un tubo de ensayo. Solo hemos manipulado el ADN, aunque a ningún organismo vivo. Ya casi lo tenemos, ahora solo falta meter este ADN quimérico (procedente de dos organismos distintos) en la bacteria. Esta suele ser la parte más fácil. Hay varios métodos dependiendo del tipo de bacteria, pero en general se puede hacer un tratamiento de las bacterias con calcio y luego simplemente cambiando la temperatura de 37 °C a 42 °C y posteriormente incubando unos minutos en hielo la célula, esta aceptará el ADN de fuera. Otra forma es dándole una pequeña descarga eléctrica que produce microporos en las membranas por los que se cuela el ADN.

¿Y cómo saber si el ADN se ha incorporado o no? Aquí utilizamos un truco. Además del gen que nos interesa, podemos meter en el plásmido un gen que le confiera resistencia a un antibiótico. O utilizar un organismo de destino que esté enfermo porque le falte algún gen necesario para sintetizar alguna molécula y poner en el plásmido el gen que le hace falta. A esto lo llamamos marcador o gen de resistencia. Si después de hacer que incorpore el ADN que hemos puesto nosotros lo hacemos crecer en presencia del antibiótico o sin el suplemento que necesita para crecer, todas las bacterias que sobrevivan será porque han incorporado el ADN foráneo, esto es: porque hemos creado organismos transgénicos.

Vuelvo a insistir en que un gen de un bicho funciona en otro bicho porque el código genético es universal, es el mismo en todos los organismos, porque todos venimos del antepasado LUCA. En 1972, el bioquímico Paul Berg consiguió unir *in vitro* dos moléculas de ADN de diferentes organismos y se la llamó originalmente tecnología del ADN recombinante. En 1972, Stanley Cohen y Herbert Boyer se encontraron en un congreso sobre ADN de bacterias en Hawái. Cohen había descubierto una enzima capaz de cortar ADN y Boyer un método para insertar ADN dentro de una bacteria. Uniendo las dos técnicas, en 1973 consiguieron crear el primer organismo transgénico al lograr introducir ADN recombinante en una bacteria. Hoy la obtención de ADN recombinante y la transformación de bacterias la hacen los alumnos del grado de biotecnología como práctica de la asignatura de bioquímica y biología molecular. El coste total del material fungible para hacer el proceso (placas para hacer crecer microorganismos, medios y enzimas) difícilmente supera los diez euros. No es una tecnología cara.

## ANIMALES TRANSGÉNICOS

Vamos a complicarlo un poco. Imaginemos que en vez de clonar un gen de microorganismo queremos clonar un gen de animal o planta. La cosa se lía porque los genes de organismos superiores no están codificados de seguido sino que están fragmentados por unos trozos de ADN que no codifican nada llamados intrones, que en el proceso intermedio entre ADN y proteína, en el que interviene el ARN, se quitan. Para entendernos, los genes de la mayoría de los microorganismos son como una película sin anuncios, mientras que los de organismos superiores tienen anuncios que interrumpen la película. Si ponemos un gen de una planta o de un animal en un microorganismo tenemos que quitar esta secuencia o no se expresará bien. Se puede hacer de varias maneras: o cortando y pegando con las herramientas mencionadas anteriormente, o utilizando otro truco de biólogos. Se puede aislar el ARN del gen ya procesado (sin anuncios) y utilizar una enzima capaz de copiar un fragmento de ARN en ADN. Esto lo hacemos gracias también a otra herramienta de la naturaleza. Para hacer esta copia utilizamos una enzima que

procede de retrovirus, como el virus del sida o del herpes, que almacenan la información en forma de ARN pero la copian a ADN cuando infectan. Para entendernos, sería como grabar una película que emiten por la tele, pero parando cada vez que hacen anuncios, así que en la copia que guardas la película se ve completa, aunque originalmente tenía interrupciones.

Visto lo anterior, meter genes de un animal en otro es bastante más complicado que en bacterias. Pero no imposible. El método consiste en obtener un embrión en la primerísima etapa de gestación, básicamente un óvulo fecundado (técnicamente un cigoto), y mediante unas micropipetas inyectarle ADN foráneo. Para que se integre en el genoma receptor, lo más normal es meter el ADN dentro de un virus, como un adenovirus, que de forma natural se integra en el genoma (sí, cuando nos infectamos por un virus nos convertimos en transgénicos, aunque a la mayoría no nos produzca ningún síntoma). La primera descripción de un ratón transgénico es del año 1973, obra de Rudolf Jaenisch, que logró insertar ADN viral en un embrión de ratón. No obstante, esta modificación no se heredaba. La primera transformación estable y heredable se consiguió en 1981, en varios laboratorios simultáneamente. Existe otro método que se basa en la utilización de células madre embrionarias. Por este método se les otorgó el premio Nobel en el año 2007 a Capecchi, Smithies y Evans. Y recientemente se han desarrollado otros métodos, como la transferencia mediante retrovirus o la inyección intracitoplásmica de espermatozoides.

El investigador y divulgador José Antonio López Guerrero, conocido como JAL, escribió un delicioso libro titulado *¿Qué es un transgénico? (y las madres que los parieron)*, donde describe con detalle el proceso de transformación genética de animales. El título hace referencia a que el proceso implica obtener un cigoto de una ratona, transformarlo y luego implantarlo en otra, por lo que un ratón OGM tiene dos madres diferentes. La cuestión es que cuando se publicó este libro, su autor recibió varias invitaciones de grupos ecologistas para dar charlas... en contra de los transgénicos. Viendo el título del libro y sabiendo que JAL es profesor de la

Universidad Autónoma de Madrid asumieron que era crítico con la tecnología, cuando la realidad es que es uno de los grandes divulgadores de este tema.

Una de las primeras publicaciones científicas que hacía referencia a un animal transgénico fue el artículo de portada de la revista *Nature* del 16 de diciembre de 1982. Se describía un ratón al que se le había insertado el gen que codifica la hormona de crecimiento de la rata, que le permitía alcanzar un tamaño el doble del habitual. Actualmente hay descripciones de numerosos animales transgénicos, empezando por conejos, cerdos y cabras, de los que hay referencias desde el año 1985. Un detalle: ¿habéis visto alguna vez campañas en contra de los animales transgénicos? Seguro que recordáis pósteres de mazorcas de maíz con cuernos y colmillos o de patatas con forma de escorpión, pero ¿por qué no se dice nada de los animales transgénicos? Por un motivo muy claro: la mayoría se utilizan para investigación y para aplicaciones médicas. Por ejemplo, los cerdos OGM se utilizan para tratar de utilizarlos como material para trasplantes y los ratones y conejos como modelos para investigación.

Y si he dicho que hoy en día hay descripciones de muchos animales transgénicos, el hombre no es una excepción. Solo que no le llamamos modificación genética de personas, sino le hemos puesto un nombre más molón: Terapia Génica. Hay numerosas enfermedades que se deben a un fallo en algún gen, son las llamadas enfermedades genéticas. Una forma evidente de tratar de afrontarlas es haciendo que el paciente exprese en sus células el gen de una persona sana. Obviamente trabajar con humanos tiene unos condicionantes éticos que no tenemos con animales o plantas, condicionantes que se han tenido en cuenta. La terapia génica no permite que los cambios sean heredables. Se puede transformar el ADN de células que no sean germinales (ni óvulos ni espermatozoides), que harían que la descendencia tuviera el mismo cambio. Y solo se permite en caso de enfermedades. No se permiten cambios genéticos para ser rubio, de ojos azules, más listo o más guapo.

Los orígenes de esta terapia los encontramos en un artículo del bioquímico Edward Tatum de 1966. En 1970, Stanfield Rogers afirmó que podríamos cambiar ADN malo por bueno. El primer ensayo clínico se llevó a cabo en 1990 con dos niñas de cuatro y nueve años que sufrían una carencia en una enzima llamada adenosina deaminasa, que provoca una disfunción severa del sistema inmunitario y obliga a vivir toda la vida en ambientes libres de gérmenes, lo que comúnmente se llama *niños burbuja*. La técnica consistió en transformar con un virus leucocitos extraídos de estas niñas para luego volverlos a implantar. Los resultados fueron bastante discretos. Durante esa década los ensayos aumentaron de forma exponencial. En el año 2000 había más de quinientos ensayos en marcha que implicaban a cuatro mil pacientes. En 2003 China consiguió la primera autorización de una terapia contra el cáncer basada en terapia génica con virus (el Gendicine). En 2012 la Agencia Europea del Medicamento dio el visto bueno a Glybera, un medicamento basado en terapia génica dedicado a paliar el déficit de la lipoproteína lipasa, que provoca que se acumulen partículas de grasa en la sangre. En 2016 esta misma agencia dio otra recomendación positiva para el Strimvelis, otro tratamiento para los niños burbuja. A pesar de que sigue siendo una terapia muy prometedora y en la que se está investigando mucho, los resultados positivos siguen llegando a cuentagotas. Pero es cuestión de tiempo que estas terapias sean una herramienta efectiva contra enfermedades genéticas, víricas o incluso contra algunos tipos de cáncer.

## PLANTAS TRANSGÉNICAS

La historia de la presentación de la primera planta transgénica es digna de una película de Hollywood. Fue una competición entre el grupo de Marc van Montagu y Jeff Schell en la Universidad de Gante, en Bélgica, el de Mary-Dell Chilton en la Universidad Washington de Saint Louis, Missouri (la de la película de Vicent Minelli), y de Robert T. Fraley de la empresa Monsanto (también en Saint Louis, Missouri). Durante cuatro días el ganador fue el grupo europeo, en el que participaba el científico mexicano Luis Herrera Estrella. Los resultados fueron presentados en el Hotel Playboy, en el Miami

Winter Symposium, en una de las conferencias científicas más tensas que se recuerdan por la competencia entre los tres grupos... Y a partir de ahí nació todo. La primera planta en transformarse fue el tabaco, y diferentes grupos obtuvieron plantas resistentes a antibióticos, herbicidas e insectos.

No deja de ser vergonzoso que la mayoría de los que han conseguido avances en esta tecnología en microorganismos o en animales hayan conseguido el premio Nobel y los que lo consiguieron en plantas no. Si comparamos el porcentaje de éxito de la terapia génica con los cultivos transgénicos a nivel de impacto global, ya sea económico o social, así como la relación coste beneficio (dinero invertido y resultados obtenidos) el balance es abrumador a favor de las plantas transgénicas. Todos los inventores de las plantas transgénicas siguen vivos en la actualidad excepto Jeff Schell. Espero que la Academia Sueca esté a la altura y no se haga la ídem.

Comparativamente obtener plantas transgénicas es más fácil y barato que obtener animales transgénicos. Por ejemplo, por la infección de una bacteria una planta puede incorporar ADN foráneo. Pero aquí tenemos un problema. Si infectamos la raíz, o las hojas, tendremos células de las plantas que serán transgénicas, pero esa planta tendrá semillas que no serán transgénicas. Exactamente lo mismo que acabamos de ver con la terapia génica, que solo se aplica a determinadas células humanas pero no se hereda. Si queremos hacer una mejora, no se heredará a la siguiente generación puesto que solo unas pocas células llevarán el gen foráneo. Esto no quiere decir que no sea útil. Por ejemplo, imagina que quieres investigar el funcionamiento de una proteína de plantas y te interesa ver en qué parte de la célula se localiza. Puedes hacer una copia de ese gen y al final engancharle otro gen que produzca luz fluorescente. Este gen se llama GFP (de *green fluorescent protein*) y en la naturaleza se encuentra en una medusa. Si infectas hojas de una planta (tabaco, por ejemplo, que crece bien en laboratorio y tiene las hojas grandes), estas serán transgénicas y expresarán esa proteína, que brillará si la pones bajo un microscopio equipado con luz de

una determinada longitud de onda. Eso te permitirá ver dónde se localiza tu proteína. Obviamente esa planta cuando le cortes la hoja, o se le caiga, dejará de ser transgénica. En general este proceso es útil a los científicos, pero no sirve, por ejemplo, para crear nuevas variedades de plantas, porque la modificación no se hereda.

Para hacer modificaciones heredables hay diferentes técnicas, que dependen del tipo de planta o cultivo. Para plantas crucíferas (de la familia de la col) se puede hacer un cultivo de células de una bacteria (*Agrobacterium*) e infectar directamente la flor. Estas plantas se autopolinizan, por lo que en la flor tienes células germinales masculinas y femeninas. Si se infectan estas células germinales puedes obtener plantas transgénicas en las cuales el transgén sea estable y esté en todas las células.

En otras plantas hay que tirar de ingenio. Las plantas, al contrario que los animales, tienen tejidos donde hay células embrionarias en todas las etapas de su desarrollo, generalmente en las yemas, en la punta del tallo y de la raíz. A partir de tejido de hoja o de otras partes, simplemente aplicando un tratamiento de hormonas vegetales, se puede regenerar una planta completa. Podemos hacer la transformación en esa hoja o en células obtenidas a partir de plantas utilizando técnicas parecidas a las que utilizamos en microorganismos y luego regenerar la planta completa. Esto se hace, entre otras, en cucurbitáceas (la familia del melón o la calabaza).

Para los cereales hay otro método que consiste en hacer que las plantas incorporen ADN foráneo poniendo el ADN que quieres incorporar en microbolitas de oro o titanio y disparándolas con una pistola de aire comprimido, de forma que algunas células incorporan el ADN foráneo. Por cierto, las plantas no tienen sistema nervioso y no sufren en este proceso. Parece una tontería lo que acabo de decir, ¿no? Hay un vídeo de una organización ecologista en el que una activista declara que la tecnología transgénica es violenta porque se utiliza una pistola para que las plantas incorporen ADN de fuera. Parece que desconocen que hay otras técnicas más de paz y amor como hacer que una bacteria bese a una florecilla o crear una nueva vida a partir de una hoja. Pero si se preocupa por el sufrimiento de la planta debido al disparo de ADN, le recomiendo que no pade ningún rosal ni se coma una ensalada... ¡Menuda masacre!

Una de las necesidades de la técnica es que luego hay que saber si la célula ha incorporado el ADN foráneo o no. En las bacterias se suele hacer con resistencia a antibióticos. En plantas originalmente también: además del gen que incorporábamos, le metíamos otro gen de resistencia a un antibiótico, de forma que las plantas que sobrevivían a un tratamiento con antibiótico eran las transgénicas. Esto ha sido un aspecto que ha suscitado muchas críticas. El mismo comisario europeo Stavros Dimas afirmó en 2007 que estaba en contra de una patata OGM porque no quería que un gen de resistencia a antibióticos se incorporara a la cadena alimentaria. A ver, parece que olvide el hecho de que estos genes de resistencia a antibióticos no son genes sintéticos, sino que se han obtenido de bacterias que de forma natural los tienen en su genoma, esto es, que se encuentran en la naturaleza y los estamos ingiriendo cada día o los tenemos en las bacterias de nuestra flora intestinal. Justo después de un tratamiento con antibióticos tenemos nuestro intestino lleno de bacterias con genes de resistencia a antibióticos. Por lo tanto, alguien al que le venga un apretón y deposite el contenido rectal en medio del campo está dispersando más genes de resistencia a antibiótico al medio ambiente que un agricultor que siembre una variedad transformada con uno de estos genes. Otro aspecto que parece que ignore nuestro político es que si te comes un gen lo que pasa es que se degrada en el estómago, como todo el genoma de lo que te estás comiendo. Pensar que por comer un gen de resistencia a antibióticos te vas a volver resistente a ese antibiótico es como pensar que por comer ternera te salen cuernos. Si tienes cuernos no es por eso. Dicho esto, que es el argumento definitivo, estos genes solo se encuentran en las variedades transgénicas más antiguas, ya que la selección por antibióticos en plantas está en desuso por ser poco efectiva. Ahora se suele utilizar resistencia a herbicida, o la propia GFP e identificar las transgénicas visualmente. Otro detalle que también olvidan los que utilizan este argumento es que, por convenio, los antibióticos que se utilizaron en ingeniería genética fueron antibióticos fuera de uso clínico, que ya no se utilizan en medicina por haber alternativas mejores.

Las técnicas de transformación en plantas se pueden refinar. Existe un genoma que no está en el núcleo de las células. Todas las células con núcleo tienen un orgánulo llamado mitocondria que participa en la producción de

energía a partir de la respiración celular y que tiene un genoma propio, muy pequeño pero que codifica proteínas. Las plantas, las algas y los microorganismos que hacen la fotosíntesis tienen además cloroplastos, que es el orgánulo encargado de este proceso esencial para la vida. Los cloroplastos también tienen un genoma propio que codifica más de cien proteínas (muy poco si lo comparamos con las más de 30.000 que se codifican en el núcleo). Ahora se han desarrollado técnicas para que la transformación genética se realice en este orgánulo y no en el núcleo. ¿Qué ventaja tiene? Pues puede que nos interese que la proteína se exprese en este orgánulo porque va a ejercer allí su función, pero independientemente, mitocondrias y cloroplastos se heredan de las células germinales femeninas, es decir, por los óvulos. Un espermatozoide o una célula germinal masculina de planta no transmite sus orgánulos con ADN propio. Desde el punto de vista de una planta esto es muy útil, ya que evita que si el polen se disemina y accidentalmente fecunda a otra planta esta sea transgénica, ya que la modificación genética está en el cloroplasto.

Otro refinamiento de la técnica, y muy útil por cierto, es que a veces no nos interesa que una planta exprese un gen de otra, sino que lo que buscamos es que la planta deje de expresar un gen, ya sea para investigar cuál es su función o porque la mejora que buscamos consiste precisamente en eso. Por ejemplo, para hacer trigo que no tenga gluten. En este caso lo que hacemos es transformar con un gen en antisentido. En el capítulo 2 he explicado que los genes tienen una señal de inicio y una de terminación. Aquí lo que hacemos es expresar un gen con el principio y el final intercambiados (como si leyéramos una frase empezando por el punto final). Cuando este gen se expresa, nunca se traducirá en proteína, pero interferirá en la expresión del gen que queremos silenciar y no se expresará. Así que a veces una planta transgénica (o un animal) no tiene más proteínas sino menos.

Bueno, pues hasta aquí ya sabes cómo se hace un transgénico, incluso te he explicado qué necesitas si quieres hacerlo tú mismo. Si te animas, te recomiendo empezar con bacterias, es más fácil: puedes recoger todas las que quieras a partir de material fecal (el cómo lo dejo a tu elección). No es broma. La más utilizada en biología molecular se llama *Escherichia coli*, y en la naturaleza vive precisamente ahí, en tu colon y en el mío, por lo que cada vez

que tienes un momento de reflexión matutina expulsas millones al medio ambiente. Lo de las plantas y animales es algo más complicado, aunque no mucho. Ahora que ya sabes cómo se hace la siguiente pregunta será ¿para qué sirve?

## CAPITULO 4

### ¿PARA QUÉ SIRVE UN TRANSGÉNICO?

Llegados aquí quizá te hayas hecho una pregunta. Todo muy bien, hemos sido capaces de poner el gen de un organismo en otro y demostrar que funciona, reto superado. Pero... ¿para qué? Si llevamos miles de años modificando plantas y animales por medios no transgénicos, ¿para qué necesitamos más?

Esto es como decir que si tenemos coches para qué queremos aviones. Utilizar transgénicos nos permite llegar mucho más lejos que con las técnicas anteriores y permite hacer cosas que antes no podíamos. Las técnicas anteriores (hibridaciones, cruces, etc.) tienen una barrera importante: limitan el número de genes que se pueden introducir en un organismo ya que están limitados a organismos que se pueden cruzar entre ellos o mutaciones a partir de los propios genes del organismo. Con los transgénicos podemos poner genes concretos sin tener en consideración esta barrera. Una planta, animal o microorganismo transgénico básicamente tiene una mejora con respecto al organismo de partida gracias al transgén que se le ha introducido. Hay que tener en cuenta que desde el campo hasta el consumidor final hay toda una cadena. La mejora introducida no necesariamente tendrá la misma importancia para todos los miembros de dicha cadena. Esta mejora puede ser beneficiosa para el agricultor, el ganadero, el distribuidor, el comercializador o para el consumidor. No obstante, si un participante en la cadena de valor elige utilizar una variedad transgénica, lo más normal es que indirectamente se beneficien todos; si no sucede esto la variedad deja de usarse. Y cuando nos referimos a beneficios, los hay de todas clases, muchos de los cuales ya estás disfrutando tú como consumidor.

## MICROORGANISMOS: ESOS TRANSGÉNICOS QUE NO SABÍAS QUE UTILIZABAS

Los microorganismos transgénicos fueron la primera tecnología desarrollada y la que más aplicaciones tiene, básicamente porque es más fácil y porque tiene más tiempo detrás; quieras o no, la estás utilizando cada día.

Para empezar, muchos fármacos se obtienen de esta manera. El más popular y conocido es la insulina, pero cualquier medicamento que sea una proteína o un péptido (proteínas de menos de cien aminoácidos) lo más probable es que se desarrolle mediante OGM, lo que permite abaratar los costes y disminuir los riesgos de contaminación. Pero hay más. A veces la proteína no es lo que queremos, nos interesa una molécula que produce determinada planta o determinado animal, o incluso otros microorganismos. Podemos introducirle los genes que codifican las enzimas encargadas de hacer esta molécula y conseguir que un microorganismo nos fabrique un fármaco que de forma natural no fabrica, como por ejemplo un antibiótico.

Pero no solo de fármacos vive la tecnología de microbios OGM. Entre los miles de aplicaciones hay una que tiene una historia curiosa que posiblemente ahora mismo estés utilizando. Viene de la guerra de Vietnam. A ver, ¿alguna vez se te ha apolillado un suéter o un jersey de lana? Esto es debido a que la lana es pelo animal. El pelo está compuesto por una proteína llamada queratina, así que una prenda de lana no es más que un envoltorio proteico, igual que otros tejidos que tienen origen proteico como la seda. Si un suéter se apolilla es porque hay unos insectos que se alimentan de esas proteínas. Un tejido de algodón o lino nunca será atacado por una polilla ya que en este caso sus filamentos son vegetales. En los tejidos de origen vegetal el material es celulosa, que es un carbohidrato, una cadena larga de azúcares, nada que ver desde el punto de vista químico o biológico con una proteína. El almidón, componente principal de la harina o la pasta, también consta de cadenas largas de azúcares, que digerimos para obtener azúcar que convertimos en energía, o, como suele suceder, almacenamos como grasa en los michelines. La diferencia es que el enlace que une las moléculas de azúcar en la celulosa es diferente que en el almidón. La mayoría de los animales tenemos enzimas capaces de digerir el almidón, pero la celulosa solo pueden digerirla los rumiantes, los insectos xylófagos (termitas y similares) y algunos

microorganismos. Ser capaces de reproducir en un laboratorio la digestión de la celulosa sería importantísimo. Después de la cosecha de cereales quedan toneladas de paja, lo mismo cuando se limpia un bosque de matorrales, etc. Normalmente, después de alimentar al ganado la única utilidad es quemarlo como combustible, y de hecho a veces simplemente se quema porque no se sabe qué hacer con eso (como en la albufera con la paja del arroz). Si toda esa cantidad de celulosa se convirtiera en azúcar, tendríamos no solo más alimento sino que podríamos obtener alcohol por fermentación y de repente de un desecho tendríamos un biocombustible, un producto valioso a partir de algo que íbamos a tirar. En la guerra de Vietnam el ejército de Estados Unidos se dio cuenta de que la ropa de los soldados se «apolillaba», lo que llevó al descubrimiento de un microorganismo que sintetizaba enzimas capaces de degradar la celulosa. Se lanzaron como locos a tratar de encontrar esta enzima. La encontraron. Pero con una limitación: solo funciona a pequeña escala. A gran escala la producción de azúcar o de alcohol no es rentable. Pero no hay que despreciar las pequeñas ganancias de las grandes pérdidas. Cierta ropa, el tejido vaquero principalmente, tiene más demanda si se le da un aspecto desgastado en el exterior, lo que se llama el «lavado a la piedra» o DENIM. Pues ese efecto se consigue incubándolo con esta enzima que proviene de un organismo transgénico.

Otra aplicación muy cotidiana en la que encontramos microorganismos transgénicos son los productos de limpieza donde aparece la palabra «enzimático». Por ejemplo, un detergente. ¿Por qué es enzimático? ¿Para qué sirve que lo sea? En la ropa tenemos diferentes tipos de manchas. Los azúcares no manchan porque son solubles en agua; cuando pones el tejido en agua, se disuelve el azúcar y se va. Con las grasas tenemos un problema: el aceite y similares no son solubles en agua, por lo que se encuentran más a gusto en tu blusa preferida o en tu camisa de los domingos que en el agua, por mucho que frotes. El jabón ayuda a quitar las manchas porque es una molécula anfipática, palabreja que quiere decir que tiene una parte soluble en grasas y otra soluble en agua, de forma que la parte soluble en grasas disuelve la mancha y la otra parte facilita que se arrastre. Esto podemos mejorarlo si le ponemos una enzima llamada lipasa que rompe las moléculas de grasa en trozos más pequeños. Hay otros tipos de manchas de comida que si no se

eliminan enseguida y se secan forman un pegote que no hay modo de quitar. Esto es debido a proteínas que tienden a agregarse entre sí. Si utilizamos una enzima llamada proteasa, que degrada las proteínas, adiós manchas. Todo esto está muy bien, aunque tenemos un problema: las enzimas suelen funcionar en unas condiciones de temperatura determinadas. Pero cuando la ropa está muy sucia lo que hacemos es lavar en agua caliente, y en esas condiciones las enzimas se degradan. Tenemos el mismo problema que teníamos para hacer una PCR (la reacción en cadena de la polimerasa que he explicado hace unas páginas), donde había un paso a alta temperatura. Pero podemos utilizar enzimas provenientes de organismos que viven, por ejemplo, en los géiseres del parque de Yellowstone o en condiciones de temperatura extremas. Por lo tanto en un detergente enzimático tienes enzimas transgénicas, hechas a partir de microorganismos que viven en lugares muy calientes. Otro producto de uso cotidiano donde se utilizan enzimas transgénicas es el líquido para limpiar lentes de contacto, que también contiene proteasas ya que las lentes se ensucian por las propias proteínas del ojo o de las lágrimas.

También hay que tener en cuenta que las fermentaciones son muy importantes para la industria. La producción de queso, vino, cerveza, yogur, chocolate o café implica una fermentación, la acción de microbios. Pero también se utilizan fermentaciones para conseguir biocombustibles a partir de residuos vegetales, o para conseguir biogás, o para descontaminar suelos. Hoy en día se está utilizando ingeniería genética para optimizar todos estos procesos. Aunque hay salvedades. En la industria alimentaria es necesario hacer tratamientos enzimáticos para que un zumo o un vino no tengan grumos. Estas enzimas son fáciles y baratas de obtener por ingeniería genética. El producto resultante no es transgénico, puesto que no contiene ningún organismo que lo sea. Solo se le ha aplicado una enzima que procede de un organismo modificado, pero que en el producto final no aparece. Sin embargo, hay algunas denominaciones de origen de vino que de forma particular tampoco autorizan el uso de enzimas que provengan de OGM. Esto obliga a obtenerlas a partir de cultivos de bacterias u hongos, lo cual es muchísimo más caro y menos eficiente, algo que acabará pagando el consumidor final y que no implica que el producto sea mejor. Los prejuicios

se pagan. Algo similar pasa con la agricultura ecológica, que permite el uso de antibióticos como la estreptomicina, pero si se produce de fermentación natural, no de OGM, así que ráscate el bolsillo, porque es carísimo, tanto como si un diabético quisiera seguir poniéndose insulina de cerdo o de ternera, en vez de insulina humana producida a partir de bacterias. Pagaría más por menos.

## CULTIVOS TRANSGÉNICOS: LA MADRE DE TODAS LAS POLÉMICAS

Si hay una aplicación que ha tenido impacto social y económico es la de los cultivos transgénicos. Los números no engañan: independientemente de todas las polémicas, es la tecnología agraria que más rápida aceptación y extensión ha tenido en todo el mundo. El primer cultivo OGM comercializado fue un tabaco resistente a los virus desarrollado por el gobierno chino en 1992 y que se mantuvo hasta que en 1997 fue sustituido por otra variedad. Aunque obviamente este tabaco no se comía. Los primeros transgénicos destinados a alimentación llegaron a los supermercados dos años después, en 1994. Su inicio fue cualquier cosa menos prometedor.

Hace unos años, Veterinarios sin Fronteras de Castilla-La Mancha lanzó un vídeo muy gracioso titulado «Dos tomates y dos destinos» en el que dos actores conocidos interpretaban a unos tomates. Se supone que son dos tomates, uno transgénico y otro ecológico, que quedan en un bar y se cuentan sus vidas. En un momento del metraje el tomate transgénico cuenta su historia: ha estudiado en una prestigiosa universidad, le han modificado el ADN y lo han criado en un invernadero a base de pesticidas y herbicidas. El tomate ecológico, en cambio, vive en un pueblo y solo se alimenta de sol, agua y productos naturales. Un mensaje muy claro sobre lo malos que son los tomates transgénicos y lo buenos que son los ecológicos. Sin embargo, tiene un pequeño fallo: ni cuando se hizo el vídeo ni actualmente existen tomates transgénicos en el mercado. Tenemos tomates transgénicos en laboratorio, y algunos incluso esperando la aprobación, pero no en el mercado. Así que todo el argumento es falso.

Realmente los primeros alimentos transgénicos comercializados fueron dos tomates, el FlavSavr de la empresa Calgene y el Endless Summer de Monsanto, y un calabacín resistente a los virus. Los dos tomates tenían la particularidad de que por diferentes medios aguantaban muchos más días y tardaban en quedarse mustios, lo cual venía muy bien principalmente al distribuidor. Las dos empresas asumieron que la novedad tecnológica iba a hacer su producto más atractivo y se lo quitarían de las manos.

Pero los dos fracasaron comercialmente y fueron retirados del mercado hace más de diez años. Y en esto apenas influyó la oposición de los grupos ecologistas, entre otras cosas porque todavía no existía ninguna campaña en contra de los transgénicos; fue sencillamente un absoluto error de marketing. Si quieres ganar dinero no pongas a un científico al frente de una empresa, ni a un político en una caja de ahorros. Para empezar, la variedad de tomate que se eligió fue una que desde el punto de vista técnico era fácil de transformar, pero no tenía demasiado impacto comercial por tener un sabor bastante anodino. El segundo error fue pensar que el consumidor se iba a interesar por una ventaja como aguantar más tiempo en la nevera, algo que realmente a la mayoría de nosotros no nos importa porque tenemos interiorizado que los tomates, como las lechugas y otros alimentos, son para consumo rápido, y la gente, salvo que te olvides, no los tiene semanas y semanas en la nevera. Por lo tanto, el comprador continuó con los tomates que más le gustaban y pasó de los que aguantaban más tiempo en la nevera. Como vemos al final es el consumidor el que decide soberanamente qué quiere y qué no quiere comer. Y si el consumidor en algún momento hubiera decidido que no quería transgénicos, estos hace tiempo que habrían desaparecido. Sin embargo, la tendencia es justo la inversa.

En 1996 en Gran Bretaña la compañía Zeneca produjo un tomate OGM para ser usado en la elaboración de purés y sopas que se pusieron a la venta bajo los nombres comerciales de Safeway Double Concentrated Tomato Puree y Sainsbury's California Tomato Puree. Estos productos tenían mejor precio que los no OGM y se vendían en tamaños mayores. En 1999 habían alcanzado una cuota del 60 por ciento del mercado de tomate procesado, pero

fueron retirados por la presión de los grupos ecologistas, que aprovecharon el miedo alimentario suscitado a raíz de la crisis de las vacas locas, a pesar que no tenía nada que ver con los transgénicos.

Como vemos, el principio no invita al optimismo. Pero el *shock* pasó pronto. La cosa se arregló con la soja tolerante a herbicidas. En los años ochenta Paul Christou y Dennis McCabe, de la empresa Agracetus en Madison (Estados Unidos), desarrollaron la técnica de la pistola de genes, que ha demostrado ser la más efectiva para transformar cereales. Entre los primeros éxitos estuvo la soja tolerante a herbicida, presentada en 1991. Este es el transgénico responsable de que el 89 por ciento de la soja mundial sea transgénica. Si hoy has comido pollo, ternera o cerdo, lo más probable es que en su alimentación haya participado esta soja. ¿Por qué ha tenido tanto éxito? Hay muchos cultivos, principalmente los herbáceos, donde la aparición de otras hierbas (técnicamente flora arvense, popularmente mala hierba) supone un problema, ya que agotan los nutrientes del suelo y suponen grandes pérdidas. En otros cultivos, la aparición de hierba puede ser beneficiosa para ayudar a sostener el suelo y evitar la erosión. La forma tradicional de quitar las hierbas es a mano, algo bastante impracticable cuando se habla de grandes extensiones de cultivo y en ocasiones muy poco efectivo, ya que si se deja la raíz la planta puede rebrotar o extiende las semillas de las malas hierbas. Otra solución es el uso de productos químicos que destruyan estas hierbas, los llamados herbicidas. Aquí surge otro problema. En muchas ocasiones el cultivo también es una hierba, y como tal se verá afectado por el herbicida. La solución no es fácil. Tradicionalmente lo que se hace es preparar el suelo antes de la siembra, roturando y aplicando herbicida, y más adelante, cuando ya ha germinado y crecido, volver a aplicarlo a ras de suelo para tratar de que afecte a las malas hierbas pero no al cultivo. La ventaja de tener un cultivo tolerante al herbicida es que puedes hacer lo que se llama siembra directa: sembrar sobre los restos de la cosecha anterior, con lo que te ahorras el tratamiento en el suelo y obtienes un extra de fertilizante; aplicar herbicida a la vez, con lo que eliminas las malas hierbas, y, si es necesario más adelante, hacer otra aplicación. Esto permite utilizar aviones y evitar el penoso trabajo de aplicar a ras de suelo (con lo que aumenta la exposición al herbicida), por no hablar de lo que es arrancar las hierbas a mano. Las variedades resistentes

a herbicidas más populares son las tolerantes al glifosato conocidas como RR (o *Roundup Ready*) y al glufosinato (nombre comercial Basta), llamadas LibertyLink o LL. Por cierto, en la actualidad Paul Christou es catedrático en la Universidad de Lleida y, junto a Teresa Capell, dirige uno de los grupos más importantes de nuestro país en ingeniería genética de plantas.

La soja fue de las primeras plantas en ser transformada genéticamente por su alto interés económico. Los cereales son pobres en aminoácidos como la lisina y las legumbres en metionina. Una persona que coma carne, leche o huevos no tiene demasiados problemas porque los productos de origen animal tienen un perfil de aminoácidos similar al nuestro. Sin embargo, una persona vegetariana o vegana tiene que combinar cereales y legumbres para no tener problemas con los aminoácidos. La soja, en cambio, tiene un contenido en aminoácidos similar al de la carne, por eso esta y sus derivados, como el tofu, son tan populares en las dietas vegetarianas. No obstante, el crecimiento exponencial que ha tenido en los últimos años el cultivo de soja, principalmente en países como Brasil y Argentina, no se explica por el tofu ni por el aumento de vegetarianos. La soja, por su alto valor nutritivo, es un cultivo esencial para el ganado. En las últimas décadas, países como China y la India han experimentado una auténtica revolución industrial y se ha producido el éxodo de población del campo a la ciudad, que en España vivimos en la posguerra civil (la inexorable ley de Petty-Clark). El éxito de sus industrias ha permitido que exista una clase media urbana y una de las primeras cosas que hace una familia cuando sus ingresos mejoran es comer más carne, ese es el principal factor que explica el éxito del cultivo: básicamente es para alimentar al ganado que acabará en la mesa de las potencias emergentes. También se están haciendo otras modificaciones en la soja, para aumentar su valor nutritivo. Esta es rica en ácidos linoleico y linolénico, que al ser calentados forman grasas trans (término que hace referencia a su estructura molecular, no a que sean transgénicas). Ya existen variedades que acumulan ácido oleico en vez de estos dos ácidos grasos, lo que permite una mejor utilización en la cocina.

El otro gen que más éxito ha tenido al ser insertado en plantas es el de la resistencia a insectos. La bacteria *Bacillus thuringiensis* vive en el suelo de modo natural. Cuando forma esporas, las protege con cristales de una

proteína llamada Cry, que en su forma cristalina es inocua. Cuando esta proteína entra en un medio básico, como el sistema digestivo de un insecto, cambia su conformación y se solubiliza. Al ser atacada por las enzimas digestivas del insecto produce una toxina que disuelve el epitelio intestinal del mismo causándole la muerte. Existen diferentes tipos de proteínas Cry, más o menos eficientes según con qué insectos. Que una planta exprese una proteína tóxica para insectos aporta una ventaja al agricultor: este no tiene que tratar con insecticidas. Cuando el insecto, recién salido del huevo, le da el primer bocado a la caña se muere. Las diferentes versiones de esta proteína tienen especificidades contra distintos tipos de insectos. Estas variedades han resultado efectivas contra plagas como la diabrotica, el taladro o el gusano rojo del algodón.

Otro factor a tener en cuenta es que una vez tenemos una variedad OGM nada nos impide hacer mejora clásica con él, o lo que es lo mismo: cruzamientos. Puedes cruzar una variedad resistente a un herbicida con una resistente a insectos para obtener una variedad que tenga los dos transgenes. A esto se le llama *eventos apilados*, y son variedades con mucho éxito ya que aúnan lo mejor de cada casa.

La tolerancia a insectos y la tolerancia a herbicida son las dos características más populares. Si en vez de genes nos fijamos en cultivos OGM, los más conocidos son la soja, de la que el 83 por ciento de la producción mundial es transgénica. El segundo cultivo con mayor implantación de los transgénicos es el algodón, con el 75 por ciento de la producción mundial; luego viene el maíz con el 29 por ciento, y después la colza, con el 24 por ciento de la producción total. Es difícil en España encontrar algo etiquetado como colza, debido a que el nombre de esta planta crucífera de la familia del nabo o de la col ha quedado maldito por la crisis de la neumonía atípica, después llamada «del aceite de colza», causada por un aceite de ínfima calidad que se vendía de forma ambulante como aceite de oliva. En realidad era aceite de colza adulterado con colorantes y aceite de uso industrial. No obstante, el aceite de colza, sin adulterar, sigue siendo un aceite con gran cantidad de usos que podemos encontrar en los supermercados como componente del aceite de semillas o como aceite de nabina (cuando algo tiene mala fama solo hay que cambiarle el nombre).

Otro de los primeros casos de éxito de un OGM no fue tanto fruto de la oferta de una empresa como de la demanda de los propios agricultores. La papaya aquí todavía nos suena a fruta exótica, pero es una de las frutas más populares del sudeste asiático, donde se consume madura como fruta, en zumo o verde en ensaladas. Una de las principales zonas productoras del mundo es Hawái. A principio de los noventa una contaminación vírica estuvo a punto de acabar con la cosecha, pero por suerte se había desarrollado una papaya transgénica resistente al virus que empezó a sembrarse de forma masiva y así se pudo salvar el cultivo. Actualmente en Vietnam, Camboya, Laos y Estados Unidos, el 50 por ciento de la papaya que se consume tiene un transgén que le confiere resistencia a los virus, y lleva cultivándose desde 1998 sin apenas oposición. En 2007 Tailandia, para evitar los estragos del virus, empezó con los ensayos experimentales para cultivarla en su suelo, pero se encontró con una brutal protesta por parte de Greenpeace, que llevó a juicio al Ministerio de Agricultura acusándolo de propagar este cultivo de forma ilegal. Una de sus acciones fue volcar once toneladas de papaya transgénica en la puerta del Ministerio como señal de rechazo. La reacción de los viandantes no fue sumarse a la protesta en contra de los pérfidos transgénicos, sino apurarse a recoger todas las papayas que podían y llevárselas a casa, que la vida está muy cara y las papayas, transgénicas o no, están muy buenas. En cuestión de minutos, las once toneladas de papaya desaparecieron de la calle ante la estupefacción de los activistas.<sup>1</sup> Cuando vas a salvar a alguien las normas de cortesía exigen que le preguntes antes si quiere que lo salves. Por cierto, el juicio contra el Ministerio de Agricultura lo perdieron,<sup>2</sup> aunque la presión consiguió que se paralizara la siembra de OGM en el país; no así su importación.

Y hasta aquí los casos de éxito. Pero como en todo en la vida, la historia no fue de color de rosa. En 1998 la Unión Europea autoriza por primera vez cultivos transgénicos para siembra en Europa. Esta autorización incluía tres maíces (el MON810, el Bt176, ambos resistentes a la plaga del taladro, y el T25, resistente al herbicida Basta), una colza y una achicoria resistentes al herbicida glufosinato, y un tabaco resistente a un herbicida llamado bromoxinil. De esas, solo los tres maíces llegaron a autorizarse en España. En los primeros años, el maíz Bt176 de Syngenta fue el que mejor funcionaba,

pero por un tema administrativo acabó desplazado por el MON810, el único cultivo OGM para alimentación que se sigue sembrando en Europa de forma comercial. Los otros nunca llegaron a sembrarse pese a estar autorizados.

Los motivos por los que un OGM no triunfa pueden ser muy variados. Por ejemplo, el herbicida bromoxinil daba muchos problemas por su toxicidad, por lo que a pesar de que el tabaco fuera resistente no compensaba. Otras veces el motivo era ajeno a la tecnología. Uno de los cultivos más populares en las zonas templadas o frías del planeta es la patata. Casi a la vez que se lanzó el tomate FlavrSavr, Monsanto presentó la patata Russet Burbank New Leaf, resistente al escarabajo de la patata. Al no necesitar pesticidas tuvo bastante éxito entre las cadenas de supermercados y las de comida rápida. McDonald's empezó a utilizar estas patatas transgénicas, pero la presión de grupos ecologistas hizo que la retirara e hiciera una declaración pública de que no utilizaría patatas OGM (sin embargo, sigue utilizando derivados del maíz y de la soja en Estados Unidos). Esto supuso un duro revés a la investigación y frenó la mayoría de los proyectos que se estaban desarrollando en este tubérculo, puesto que la mala imagen sobre la tecnología que acababa de dar McDonald's hizo que ninguna empresa de biotecnología quisiera invertir en algo que no sabía si podría comercializar. De hecho no volvió a hablarse de una patata OGM hasta que en 2011 BASF presentó la patata AMFLORA, y no era para consumo humano sino para uso industrial. No obstante, también hay éxitos que se pueden enmarcar dentro de esta primera oleada de transgénicos que se han hecho de rogar, como la resistencia a condiciones ambientales adversas, de la que me siento en una pequeñísima parte responsable, ya que es el tema que investigo.

Uno de los mayores factores limitantes para la producción agrícola es la sequía. El agua dulce siempre ha sido un bien escaso que hay que repartir entre el uso urbano, el industrial y el principal consumidor, el agrícola y el ganadero. Las plantas necesitan agua, y según el cultivo, muchísima agua. Hay que tener en cuenta que nosotros tenemos un sistema circulatorio cerrado y transpiramos, principalmente, para regular la temperatura. En cambio, las plantas no tienen corazón ni sangre que circule, el transporte de la savia con los nutrientes se hace por evapotranspiración: la parte superior de la planta pierde agua y esa disminución de presión es la que impulsa el transporte de la

savia desde la raíz. Por lo tanto, para producir comida una de las principales materias primas es el agua, que no puede ser salada ni estar contaminada por determinados compuestos químicos o microorganismos. Tratar de producir la misma cantidad de comida con menos agua es una de las prioridades de la agricultura actual. Hasta ahora se han conseguido grandes avances desde la ingeniería optimizando los sistemas de riego. En su momento, el paso del riego por inundación al riego por goteo permitió ahorrar millones de litros de agua. Por eso un melón cuesta ahora de producir la mitad de agua que hace diez años.

Pero llega un momento en que ya no se puede optimizar más el riego. Una planta resistente a la sequía es algo que los agricultores necesitan tanto como plantas resistentes a plagas o a herbicidas. La complicación es que la solución no depende de un único gen, y si encontramos alguno que sirva no funcionará en todas las plantas, porque cada una hace la guerra a su manera, utilizando diferentes estrategias.

Una de las formas que tienen las plantas para defenderse de la sequía es sintetizar moléculas pequeñas y solubles en agua llamadas osmolitos. Su función es retener agua e impedir que esta escape de la célula. Hay gran variedad de osmolitos, algunos de los cuales son azúcares; por eso los melocotones o los tomates de secano están más buenos, o el vino de los años secos tiene más graduación, porque han producido más azúcar para hacer frente a la sed que han pasado. ¿Podemos hacer plantas OGM que sinteticen más osmolitos? Sí, lo hemos hecho, y no ha funcionado. La síntesis de estas moléculas es muy costosa desde el punto de vista energético. La planta que se obtiene en muchas ocasiones resiste mejor a la sequía, pero su rendimiento es penoso. Una planta tolerante a la sequía pero que apenas produzca no interesa a nadie.

Se están probando otras estrategias. Conocemos muy bien, a nivel molecular, la respuesta hormonal que se desencadena cuando la planta percibe la sequía. Todo depende de una hormona llamada ácido abscísico. Alterar esta respuesta hormonal de forma que la planta sea capaz de movilizarse con mayor rapidez cuando note la falta de agua puede suponer una mejora de entre un 5 y un 10 por ciento sin afectar demasiado al

rendimiento final. Parece poca cosa, pero ahorrar un 5 por ciento en agua de riego supone un beneficio medioambiental enorme por aliviar la presión sobre los acuíferos.

Hoy por hoy ya existe una variedad transgénica en el mercado resistente a la sequía. En 2011 se presentó el primer maíz tolerante a la sequía, llamado Droughtgard, que nace de una colaboración entre las empresas Monsanto y BASF. Este maíz expresa un gen de bacteria, el *cspB*, que le permite necesitar un 10 por ciento menos de agua que el no transgénico. Un éxito aparentemente escaso, pero la variedad ha sido un bombazo comercial, puesto que un 10 por ciento en una extensión grande en riego puede suponer ahorrar millones de litros de agua y en secano aumentar la producción aunque disminuyan las precipitaciones. Y no es la única. Indonesia anunció hace unos años que había desarrollado una variedad de caña de azúcar con menos requerimiento de agua, y Argentina presentó en 2015 una soja resistente a la sequía. Y algún día os contaré algo de una hemoglobina vegetal.

#### TRANSGÉNICOS DE SEGUNDA GENERACIÓN. NO SOLO MÁS COMIDA SINO MEJOR COMIDA

Una de las críticas acertadas y legítimas que se hace a los OGM en agricultura es que aunque llevan veinte años en el campo y la gran mayoría siguen siendo tolerantes a insectos o a herbicidas, parece haberse avanzado poco. Si miramos los grandes números es cierto. El éxito de estas dos mejoras copa la práctica totalidad de las estadísticas (los resistentes a la sequía siguen siendo un mínimo porcentaje del total). A estos transgénicos se les llama transgénicos de primera generación, y tienen en común que principalmente benefician al agricultor, pero que de cara al consumidor no suponen ningún valor añadido, más allá de la mejora en la relación calidad/precio.

El hecho de que estos transgénicos sean mayoritarios se puede explicar por diferentes motivos. Para empezar tecnológicos. En estos dos casos el efecto buscado se obtiene con un único gen, mientras que conseguir que una planta, por ejemplo, produzca una vitamina que de forma normal no produce implica utilizar varios genes. Esto dificulta el proyecto. Por otra parte, no conocemos lo suficiente de biología o de genética molecular, y hay genes que

podrían ser útiles que todavía no hemos descubierto. Esta laguna de conocimiento se va achicando poco a poco, gracias entre otras cosas a las técnicas de ultrasecuenciación, que hacen que cada vez conozcamos más genomas de más especies y tengamos más secuencias de genes disponibles. Y por último también hay motivos extracientíficos. Los primeros OGM se autorizaron de forma muy rápida, pero luego vinieron las restricciones. En los siguientes veinte años Europa solo ha aprobado un OGM más para siembra. Si las empresas de transgénicos son un *lobby*, menudo *lobby* incompetente es que en veinte años solo ha logrado una autorización. En Estados Unidos el proceso es más rápido, pero aun así sacar una variedad al mercado es carísimo, del orden de decenas de millones de dólares. Una empresa de semillas debe estar muy segura del éxito antes de afrontar el carísimo proceso de autorización, por lo que muchas variedades que en el laboratorio o en el invernadero funcionan bien nunca llegan a ensayarse en el campo. Y muchas que sí se ensayan en el campo nunca llegan al mercado. El precio es alto y el tiempo que pasa desde que una variedad OGM demuestra su eficiencia hasta que sale al mercado puede ser largo.

Pero esto no quiere decir que no se esté haciendo nada, al contrario. Llamamos segunda generación de OGM a aquellos en los que la ventaja que se busca no es tanto para el distribuidor o el agricultor como para el consumidor, aumentando las cualidades nutricionales de la planta.

La variedad emblemática de esta tercera generación es el arroz dorado. En julio de 2016 se hizo pública una carta que firmaban 110 premios Nobel en la que criticaban a la organización Greenpeace la campaña contra el arroz dorado y la acusaban de que sus acciones, entre las que se encuentra el ataque a campos experimentales, suponen crímenes contra la humanidad. El arroz produce provitamina A en las hojas, pero no en la semilla. Esto es un problema porque hay grandes zonas del mundo donde el arroz es la dieta principal. En esas zonas, con rentas per cápita menores a un dólar al día, las deficiencias de vitamina A son endémicas, lo que provoca que mucha gente se quede ciega. Desde el año 2000, un grupo de investigadores liderado por Ingo Potrykus y Peter Beyer trataron de paliar esta deficiencia generando plantas de arroz con un gen procedente de una flor (el narciso) y otro procedente de una bacteria, de forma que el arroz acumulara provitamina A

en la parte comestible de la planta. El reto tecnológico era duro, porque nunca se había intentado algo similar y el camino no era fácil. La primera versión del arroz dorado acumulaba poquísima cantidad de vitamina y no solucionaba el problema. No obstante, las versiones posteriores acumularon hasta treinta veces más. Una vez conseguidas se pusieron a hacer las evaluaciones en el campo y los ensayos clínicos, proceso normal para la autorización de cualquier OGM, pero se encontraron con la oposición y los actos vandálicos de grupos anti OGM. Por cierto, el desarrollo se hizo por medio de un consorcio internacional en el que estaban implicados organismos públicos y privados, por lo que se acordó liberar de regalías y patentes a los agricultores de países en desarrollo, lo que hace que la actitud de los opositores sea injustificable.<sup>3</sup>

Una de las críticas al desarrollo del arroz dorado es que es innecesario, que simplemente con una dieta variada que incluya zanahorias, mangos u otras frutas se podrían solucionar estas carencias. Ese es el típico argumento de alguien con la nevera llena. Si fuera tan fácil, ¿por qué se sigue quedando ciega la gente en esos lugares? Es sencillo de entender porque ese argumento peca de ingenuo. Solo hay que ir a un supermercado con un euro y tratar de conseguir alimentos para un día. A ver, ¿qué puedes comprar? La carne y el pescado descartados de entrada. Tenemos fruta y verdura. Podríamos comprar, pero no llegaríamos al requerimiento necesario de calorías. La única forma es con cereales o legumbres. Acabaríamos comprando arroz, maíz, pan o harina de trigo, esa sería la única forma de no morirnos de hambre. El problema es que la dieta no sería equilibrada y a la larga podrían aparecer carencias de vitaminas.

En 2011, en mi primer libro, juré que no me moriría sin comerme una paella hecha con arroz dorado. Incluso dije que la haría con verdura ecológica por el tema del mestizaje y la fusión, o solo por incordiar. Durante este tiempo lo he intentado y he contactado con grupos que trabajan en el tema. Sin embargo, su consumo no está autorizado en la UE y la presión mediática y acoso hace que los científicos implicados sean muy reacios a iniciativas de este tipo, por lo que todavía no he reunido el material. Yo también soy una víctima del acoso al arroz dorado. Pero no me rindo.

La polémica alrededor del arroz dorado ha apartado el foco mediático de otros desarrollos igual de interesantes. La estrategia de aumentar el contenido en vitamina A se está aplicando a otros cultivos y en muchos casos con más éxito que en el propio arroz, a pesar de que los grupos anti OGM no parecen haberse enterado. Hoy por hoy ya tenemos maíz dorado, desarrollado por Paul Christou y Teresa Capell en Lleida; naranja dorada,<sup>4</sup> por Leandro Peña en Valencia, junto con otros. Pero hay más: la yuca dorada (desarrollada en Colombia en el CIAT por Paul Chavarriaga) y la banana dorada, presentada por la Queensland University of Technology en Australia. También hubo un intento de desarrollar una patata rica en vitamina A, pero no acabó de funcionar demasiado bien.

Otro ejemplo de desarrollo encaminado a mejorar la vida del consumidor tiene la etiqueta inequívoca *Made in Spain*. El grupo de Francisco Barro, del Instituto de Agricultura Sostenible de Córdoba, ha desarrollado un trigo que silencia la expresión de las gliadinas, por lo que es apto para celíacos. Muchas organizaciones de celíacos ya han expresado su interés en esta tecnología. Desgraciadamente ninguna empresa europea ha mostrado interés en este proyecto, puesto que autorizar un nuevo OGM en Europa es prácticamente imposible, con lo que es probable que esta tecnología acabe en manos de alguna empresa china o estadounidense y que luego tengamos que importarla. El propio Francisco Barro explicó en una entrevista que cuando empezaron a hacer los ensayos en pacientes celíacos los hospitales donde estaban programados recibían llamadas de grupos anti OGM para tratar de boicotear los ensayos. Vergonzoso que estos grupos bloqueen la tecnología desarrollada con fondos públicos.

Y además del déficit nutricional y la celiaquía también está el cáncer. En el John Innes de Gran Bretaña, uno de los centros más prestigiosos del planeta en la investigación de plantas, bajo la dirección de Cathie Martin y Jonathan Jones (y con la participación de Antonio Granell y Diego Orzáez, compañeros de un servidor en el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas de Valencia, el IBMCP) han desarrollado una variedad de tomate transformada con un gen de la flor Boca de Dragón (*Antirrhinum majus*) que

acumula un antioxidante llamado antocianina, que le aporta un color púrpura característico. Esta acumulación masiva de antioxidante tiene varios beneficios. Para empezar, aumenta su vida útil de 21 a 48 días; esto permite cosecharlos más cerca del punto de maduración y por tanto cuando ya han desarrollado todo su sabor. Por otra parte es más resistente a patógenos como *Botrytis cynerea* y, lo más importante, esa acumulación de antioxidantes genera un beneficio para la salud, puesto que su consumo ayuda a prevenir el cáncer, según han demostrado ensayos con ratones. Ahora mismo se están haciendo ensayos en humanos para ver si estos resultados son extrapolables.

Y por no hacer demasiada exhaustiva esta lista, vamos al postre. Hoy en el menú solo hay fruta. La empresa Del Monte ha anunciado que tiene en fase de estudio una piña que acumula antioxidantes por la expresión de genes de pomelo. Esta piña, llamada Rosé, tiene color rosa. No sé si será mejor para la salud, pero es realmente curiosa. En 2016 también se presentaron las manzanas Artic Apple, propiedad de Okanagan Specialty Fruits Inc., que no se ponen negras cuando las cortas, o la Innate Potato, comercializada por la empresa JR Simplot, que acumula varias mejoras juntas, como no ponerse negra, resistir los daños del transporte y no producir acrilamida al ser frita. Por lo tanto, es cierto que ha costado, pero el número de especies y de mejoras que se pueden obtener por transgénesis se ha disparado en los últimos años, y la tendencia es al alza.

#### LA TERCERA GENERACIÓN, COSECHAR MOLÉCULAS

Aparte de esta primera generación (plantas que producen más comida) y de la segunda (plantas que producen mejor comida), existe una tercera: son las plantas modificadas para producir compuestos de alto valor añadido. Desde el principio de la humanidad hemos sabido utilizar las plantas no solo como alimento, sino como fábricas de productos que nosotros no sabíamos sintetizar. Entre los productos no alimentarios que obtenemos de las plantas estarían perfumes, medicinas, colorantes, especias, conservantes o fibras textiles. Ahora, con la tecnología transgénica, podemos ir más allá y

optimizar la producción de estas moléculas. Podemos diseñar plantas no para cosechar nutrientes, sino para cosechar moléculas. Y estas moléculas sirven para muchas cosas.

¿Pueden ayudar las plantas transgénicas a erradicar enfermedades que no tengan que ver con la alimentación o la nutrición? Pues sí. Existe una técnica llamada *Molecular Pharming*, o en castellano agricultura molecular (aunque en la traducción se pierde el chiste, *Molecular Pharming* es un juego de palabras entre *farming*, cultivar en granja, y *pharmacy*, farmacia), que intenta obtener fármacos o vacunas a partir de plantas transgénicas. ¿Qué ventajas tiene? Muchas enfermedades endémicas en el Tercer Mundo podrían ser erradicadas mediante campañas efectivas de vacunación. El problema que se encuentran los gobiernos o las ONG no es el coste de las vacunas o del personal sanitario, sino los problemas derivados del transporte refrigerado y la aplicación por vía subcutánea en zonas donde no existe la menor infraestructura que garantice la higiene. En muchas ocasiones la escasez de medios provoca que las campañas de vacunación sirvan para propagar otras enfermedades por tener que reutilizar las agujas. Por ejemplo, una campaña de vacunación en Egipto en los años setenta en la que se reutilizaron las agujas hizo que el 30 por ciento de la población se infectara de hepatitis C. Por suerte ya tenemos plantas transgénicas que sintetizan vacunas. Las ventajas son evidentes. La primera es que abarata el coste de producción. La segunda es que esta estrategia nos permite realizar campañas de vacunación en lugares remotos llevando las semillas al lugar de aplicación. Una vez cosechadas, se puede conseguir la inmunidad ingiriendo la planta (generalmente tomate o arroz) o realizando una purificación simple a partir de plantas no alimentarias (tabaco, por ejemplo). En algunos casos la purificación puede ser tan sencilla como hacer que la planta fabrique la vacuna y la acumule en el exudado (el líquido que secretan), con lo que sencillamente recogiendo ese líquido tendremos la vacuna casi pura. De un plumazo hemos eliminado el problema de mantener la cadena del frío (las semillas no lo necesitan) y de las jeringuillas (se pueden administrar por vía oral).

Hoy en día hay muchas vacunas que se están desarrollando por medio de plantas transgénicas. Las más llamativas son una variedad de lechuga que inmuniza contra la hepatitis B, o las patatas y tomates que protegen del cólera. Conseguir plantas que vacunen tiene aplicaciones que van más allá de la salud humana. Uno de los problemas de las explotaciones ganaderas es que a pesar de cuidar la salud de los animales suelen verse atacados por incómodos visitantes (ratas o murciélagos) que propagan enfermedades como la rabia. Tener vacunas baratas de administración por vía oral permite atajar este problema. La instalación de comederos con vacunas permite inmunizar a los roedores, frenando la propagación de enfermedades que causan estragos en las cabañas y que pueden acabar infectando al ser humano.

Esta técnica se puede refinar todavía más. Hay veces en que lo que nos interesa no es una vacuna, sino una proteína humana que pueda servir para determinados tratamientos. Hasta ahora eso lo hemos hecho utilizando microorganismos. Por ejemplo, la insulina se obtiene de ese modo. La cuestión es que en un microorganismo generalmente se sintetizan bien las proteínas pequeñas, pero a veces no las grandes. Por ejemplo, la proteína de la albúmina de suero tiene diversas aplicaciones en medicina, como el tratamiento de pérdidas de sangre o de quemaduras. Además, se puede utilizar en los medios de cultivo *in vitro* de células o como excipiente para drogas y vacunas. Por lo tanto su obtención es una necesidad, ya que tienen numerosas aplicaciones. El problema es que hasta ahora la única fuente son las donaciones de sangre, con el problema del precio, de la limitación del suministro y del riesgo de contaminación por enfermedades como el sida o la hepatitis C. En la Universidad de Wuhan, en China, consiguieron clonar el gen humano y meterlo en arroz y así obtener esta proteína.

Pero hay más. En 2012 se obtuvo la autorización en Estados Unidos para la primera medicina obtenida a partir de una planta transgénica. El fármaco, llamado Elelyso, es un tratamiento contra la enfermedad de Gaucher, un trastorno genético englobado dentro de las enfermedades raras que implica la ausencia de una enzima llamada glucocerebrosidasa. Esta enfermedad es especialmente frecuente en judíos de origen asquenazi (oriundos de Centroeuropa). Existen diferentes tipos, desde el tipo 2, que normalmente ocasiona la muerte en la infancia, a la 1 y la 3, que permiten llegar a la edad

adulta, aunque con graves problemas. Ingenieros de la empresa israelí Protalix Biotherapeutics han conseguido sintetizar este fármaco a partir de plantas de zanahoria transgénica y en los ensayos ha funcionado mejor que las alternativas derivadas de otros orígenes.

Sin embargo, no todo es medicina. Durante muchos años actividades con alto valor económico como la industria o la minería se han llevado a cabo sin ningún tipo de control sobre el impacto ambiental. El problema surge al cesar esta actividad y desmantelarse las instalaciones. En numerosas ocasiones, debido a los vertidos de la actividad anterior, el terreno es impracticable para cualquier otro uso. Por cierto, si alguna vez os dedicáis a los huertos urbanos, informaos bien de qué uso tenía ese suelo hace cincuenta años, no sea que os llevéis alguna desagradable sorpresa en forma de tomates contaminados de plomo, mercurio o cadmio. La observación de la naturaleza nos ha indicado que por muy contaminado que esté el suelo, siempre hay algún organismo que consigue adaptarse y colonizar un terreno donde los demás no pueden medrar. Existen plantas adaptadas a crecer en terrenos con una elevada cantidad de metales pesados gracias a que tienen genes que les confieren la capacidad de captar compuestos tóxicos y acumularlos en determinadas partes donde no interfieran con los procesos biológicos. Estas proteínas suelen ser propias de determinadas plantas y específicas para diferentes moléculas tóxicas. Actualmente se han desarrollado plantas transgénicas que acumulan compuestos tóxicos con mucha más eficiencia que sus parientes silvestres o con la capacidad de acumular compuestos tóxicos adicionales. A esta tecnología se le llama biorremediación (porque puede utilizar otros organismos además de plantas) y cuando se aplica con plantas fitorremediación. Dentro de esta última tenemos especialidades. Por ejemplo, mediante ingeniería genética podemos diseñar plantas que incorporen genes de bacterias capaces de transformar el mercurio oxidado, que es su forma más contaminante, en mercurio reducido, menos problemático ya que se libera en estado gaseoso. A esto se le llama fitovolatilización. Otro mecanismo es la fitoextracción, que consiste en que la planta absorbe el producto tóxico del suelo y lo acumula, por lo que cosechando la planta conseguimos limpiar el suelo. Esto es posible gracias a dos tipos de proteínas, las metalotioneínas, y

las fitoquelatinas, capaces de atrapar el cadmio u otros metales pesados dentro de las plantas. En un razonable periodo de tiempo el terreno quedará limpio gracias a la acción vegetal.

Y además de medicina y medio ambiente, también está la industria. Ya tenemos plantas que producen enzimas para la industria textil o alimentaria. Posiblemente la aplicación más ingeniosa sea la de los bioplásticos. Los polímeros de polihidroxialcanoatos son moléculas que algunas bacterias sintetizan de forma natural. Estas moléculas tienen propiedades parecidas al polipropileno (uno de los plásticos más comunes), con la ventaja de ser biodegradables y reciclables. Conseguir la fabricación de este plástico a gran escala a partir de un sistema biológico supondría una enorme mejora, puesto que nos ahorraríamos utilizar petróleo como materia prima así como todos los productos contaminantes derivados de la síntesis de plásticos. De momento existen dos plantas en las cuales se han introducido los genes de bacteria necesarios para la síntesis de este plástico, *Arabidopsis thaliana* y en la alfalfa. También se está intentando en el lino oleaginoso. Este cultivo se utiliza para obtener fibra de estopa, por lo que conseguir plástico reforzado con fibras de lino podría dar lugar a un nuevo material con propiedades muy interesantes. También hay en desarrollo transgénicos de *Hevea brasiliensis* para tratar de obtener plantas con látex menos alérgenos.

Financiar la investigación siempre es complicado y a veces uno se enfrenta a dilemas. ¿A alguien le suena lo que es *una Kentucky blue grass*? ¿O una *Bermuda grass*? Pues son variedades registradas de hierbas que se utilizan en campos de golf, cada una con sus particularidades para ser usadas en el *green*, en la calle o en los bordes. El golf es una industria que mueve millones de euros (como recordamos de la época de la burbuja inmobiliaria), pero tiene el problema de lo mucho que cuesta mantener la hierba, sobre todo en climas secos y cálidos. Hay bastante investigación en este campo, e incluye el uso de plantas OGM. Un catedrático mexicano instalado en Estados Unidos, investigador también del estrés abiótico en plantas, trabajaba en un grupo de investigación en el que le aconsejaron

reenfocar su trabajo en plantas de cultivo hacia hierba de campos de golf, puesto que sería más fácil obtener financiación. Lo tuvo claro. Buscó trabajo en otra universidad.

## LOS TRANSGÉNICOS MÁS HERMOSOS

Cuenta una vieja historia china que la hija del emperador se enamoró de un juglar. Sabedora de la imposibilidad de conseguir la aceptación de su padre, la princesa dijo que se casaría con aquel que le trajera una rosa azul. Todos los arribistas de la época utilizaron artimañas para conseguir una rosa azul, sin éxito, hasta que el juglar le ofreció una rosa blanca y la princesa insistió en que era azul. El emperador se dio cuenta de lo grande que era su amor, consintió el matrimonio y se supone que vivieron felices hasta el final de sus días. Por suerte para la princesa, en la China imperial no existía la querencia por las plantas transgénicas que existe en la China actual. La empresa australiana Florigene lleva años vendiendo claveles, rosas y crisantemos azules, que ha conseguido insertando genes de petunia en estas plantas. Dichas flores llevan muchos años entre nosotros ya que fueron de los primeros organismos transgénicos en obtener el visto bueno de las autoridades. Su aprobación fue más fácil por no ir destinada a uso alimentario (aunque hubo que hacer una salvedad porque en Italia hay un licor que se elabora con pétalos de clavel). Si en una floristería encuentras claveles, rosas o crisantemos azules ya sabes que son transgénicos. El nombre comercial es bastante sugerente, los claveles se llaman *mooncarnations* y llevan nombres como *moonaqua* o *moonlite*, haciendo referencia al color azulado de la luna. Lo más divertido es que estas flores han tenido muchísimo éxito en países muy reacios a los OGM como Japón o Corea, donde la gente los compra sin saber que son transgénicos.

## ANIMALES TRANSGÉNICOS Y DÓNDE ENCONTRARLOS

Le tomo prestado el título a J. K. Rowling, pese a que fuera del cine o de sus libros es imposible encontrar los animales que ella describe mientras que los míos se pueden ver, tocar e incluso adoptar. Una vez uno empieza a cambiar genes, ya viene todo rodado. Y si lo hicimos en microorganismos y en plantas, ¿por qué no en animales? Es cierto que aquí la tecnología es más complicada, pero hay muchísimo más dinero y muchísimas más empresas metidas en el tema por las aplicaciones biomédicas. Más de ochocientos millones de personas en el mundo pasan hambre, y sin embargo invertimos muchísimo más dinero en investigación de enfermedades cardiovasculares, que a nivel planetario afectan a muchísima menos gente pero a gente más rica. Qué cosas.

La obtención de animales OGM ha ido a buen ritmo, aunque como la mayoría se han utilizado para la investigación biomédica y no estaban destinados a alimentación, apenas se ha tratado este tema en la prensa ni han surgido polémicas reseñables. Una de las aplicaciones más frecuentes es la de crear animales experimentales, como ratones o ratas que simulen alguna enfermedad genética en los que se elimina el mismo gen que falla en la enfermedad humana, lo que nos permite estudiarla mejor. Obviamente estos animales tienen un valor comercial, pero no es algo que afecte al público, ya que suelen venderse a través de empresas dedicadas específicamente a la obtención de modelos animales o son desarrollados por laboratorios que deciden si patentarlos o cederlos. China anunció en diciembre de 2016 que había conseguido la primera musaraña transgénica. En principio su utilidad es como modelo experimental de enfermedades humanas.

Pero que la mayor parte de la investigación en animales transgénicos se haga con fines biomédicos no quita que también se esté investigando para otras aplicaciones, incluyendo la alimentaria. La obtención de animales OGM es ya un hecho comercial. En 2013 la empresa Aquabounty anunció que después de diez años de batalla legal había conseguido autorización para comercializar el primer salmón OGM. Este salmón incluye un gen del salmón real y un promotor que se activa en condiciones de frío, por lo que continúa creciendo a pesar de que baje la temperatura, mientras que en la naturaleza los peces detienen su crecimiento. Esto permite que crezca en la mitad de tiempo que el salmón normal, y no, como se dijo en algunos medios, que sea

un salmón gigante. Realmente este salmón crece al mismo tamaño que un salmón normal, pero llega antes al tamaño óptimo para comercializarse. Para el medio ambiente es una buena noticia, puesto que una de las críticas a las piscifactorías es que no alivian la presión sobre la pesca ya que para alimentar a los salmones utilizan harinas de pescado. La ventaja de este crecimiento rápido es que se necesita menos pienso para alcanzar el tamaño necesario y por lo tanto la huella ecológica es mucho menor. Un salmón beneficioso para el medio ambiente en toda regla.

Muchos medios dieron esta noticia y dijeron que era el primer animal transgénico que llegaba al mercado... Pero no es así. Hay varios animales transgénicos que llevan años en el mercado estadounidense. Hace unas páginas he contado que los biólogos moleculares a veces trucamos las proteínas fusionándolas con otra proteína llamada GFP que brilla. En 1999 Zhiyuan Gong, en la Universidad Nacional de Singapur, creó peces cebrá (*Danio reiro*) transgénicos que expresaban esta proteína y brillaban. Su intención era puramente científica, ya que este pez se utiliza como modelo para el estudio del desarrollo del sistema nervioso humano así como para monitorear la toxicidad ambiental en espacios naturales. El objetivo de su experimento era crear un pez que brillara si el agua en la que nadaba tenía una concentración alta de determinados plaguicidas. Como en todo experimento hicieron controles positivos en los cuales el pez brillaba siempre... y se dieron cuenta de que molaba mucho. La empresa americana Yorktown Technologies compró los derechos sobre la patente y la denominó *GloFish* (pez que brilla). Hoy en Estados Unidos es posible encontrar peces de acuario de diversas especies que brillan en diferentes colores y todos son transgénicos; tienen nombres tan evocadores como *Electric Green*, *Sunburst Orange*, *Moonrise Pink*, *Starfire Red*, *Cosmic Blue* y *Galactic Purple*. En 2002, investigadores de Taiwán también consiguieron hacer peces de otra especie (*medaka*) fluorescentes, y les llamaron *Night Pearl*. Incluso en un capítulo de *The Big Bang Theory*, Sheldon Cooper aparece con un pez de estos en su mesilla de noche. Como en el caso de las flores ornamentales que llevaban mucho tiempo en el mercado sin que nadie se quejara, estos fueron los primeros animales OGM que llegaron al gran público.

Por supuesto hay muchos más en investigación y un día de estos llegarán a las granjas y a las carnicerías. Por ejemplo, una de las carnes más consumidas en el mundo, la de cerdo, se está desarrollando para que sea más saludable, tenga menos colesterol y sea más ecológica. Esto último merece una explicación. Uno de los problemas que tiene la cría de cerdos a gran escala es la contaminación por los purines (o deposiciones porcinas). A pesar de lo que decía Tina Turner en *Mad Max III*, donde la *negociudad* utilizaba purines como combustible, este material no tiene demasiadas aplicaciones y crea muchos problemas, entre otros que es muy rico en fosfatos. Si estos residuos llegan a los acuíferos los enriquecen con fosfatos y favorecen el crecimiento de algas y microalgas, que forman una capa en la parte superior y matan a todo lo que hay debajo, en un fenómeno conocido como eutrofización. Esta riqueza en fosfatos es debida a que los cerdos se alimentan principalmente de maíz, rico en ácido fítico, que secuestra el fosfato, y este se escapa con las heces. Además, esto obliga al agricultor a suplementar el pienso con fosfato, puesto que es un nutriente que necesita el animal. Se han desarrollado cerdos OGM que sintetizan una enzima en la saliva que degrada el ácido fítico. De esta forma el fosfato puede ser asimilado, por lo que no tienes que suplementar el pienso y los purines son menos contaminantes.

Pero no todo son alimentos. El ejército de Estados Unidos ha desarrollado una cabra que produce seda de araña en la leche y que se utiliza para hacer tejido de altísima resistencia. Por lo tanto, Spiderman está en las películas, pero Spidergoat existe. Argentina también está investigando en vacas transgénicas, y ya han conseguido desarrollar la vaca Rosita, que produce leche maternizada gracias a la incorporación de dos genes humanos, y la vaca Pampa Mansa, que produce en su leche hormona del crecimiento humano. No hay que negar que los argentinos tienen gracia para poner nombres.

Y conviene recordar que también tenemos a gente transgénica. Básicamente aquellos que se hayan sometido a terapia génica.

Y hasta aquí todos los aspectos técnicos de los transgénicos. En esta primera parte del libro he tratado de contestar a las preguntas de qué es un transgénico y para qué sirve, describiendo algunas de las aplicaciones más representativas, aunque hay muchísimas más. No obstante, sé que muchos lectores mientras han leído esto están relacionándolo con algunas cosas que han oído sobre que son malos para la salud porque producen cáncer y alergias; que su liberación en el medio ambiente es un peligro, o que aumentan las desigualdades y el poder de las grandes empresas..., bueno, de la gran empresa, porque transgénico es igual a Monsanto, que viene a ser como un híbrido entre Darth Wader, Voldemort y Klaus Kinski. Contestar a cada una de estas cuestiones no siempre es cuestión de ciencia, sino de otros aspectos, principalmente comunicativos (de mala comunicación, de comunicación malintencionada o de mentiras) y en muchos casos de pura pseudociencia. En la segunda parte del libro me quito la bata (esa que nunca uso en el laboratorio) y bajamos al ruedo para abordar los aspectos más sociales y menos científicos en el debate sobre los transgénicos.

SEGUNDA PARTE

COSAS QUE TE HAN DICHO SOBRE LOS  
TRANSGÉNICOS QUE QUIZÁ NO SEAN CIERTAS

Esta es la vida que llevamos, la que elegimos. Y solo  
hay una cosa segura: ninguno veremos el cielo.

PAUL NEWMAN en *Camino a la perdición*

## CAPÍTULO 5

# TRANSGÉNICOS Y SALUD. EL APOCALIPSIS QUE NO LLEGA

Los transgénicos son seguros. Punto. Ya está. Puedes ahorrarte el resto del capítulo si quieres. ¿Cómo puede ser que diga esto de forma tan tajante? Pues porque tengo todo el apoyo de la ciencia detrás. Hay que tener en cuenta que cada transgénico, como hemos visto, es diferente, y para ser autorizado cada uno tiene que superar un proceso individual donde se hacen todo tipo de pruebas. Un proceso que si se impusiera a un producto no transgénico probablemente no sería superado, así que puedo refinar la frase que inicia este párrafo: los transgénicos que han superado el proceso de autorización son seguros.

Y que sean seguros no es una casualidad o un accidente. Cuando empezó la tecnología del ADN recombinante, cuando nos dimos cuenta de que cambiar genes de un sitio a otro era relativamente fácil, se organizó una conferencia en Asilomar (Estados Unidos) para debatir sobre los peligros y riesgos de esta tecnología. La conferencia fue organizada por el que luego sería ganador del premio Nobel de Química Paul Berg. Se decidieron temas como lo que se podía y no se podía hacer, los tipos de organismos que se podían utilizar para evitar peligros, etc. Lo más curioso es que esa conferencia se organizó en una fecha tan temprana como en 1975, y no fue por iniciativa de ningún político, grupo ecologista u organización de consumidores, sino por los propios científicos. El mito del científico loco que quiere dominar el mundo queda bien para el cine de ciencia ficción, pero no es cierto. Es más, las normas y recomendaciones que se establecieron en Asilomar sobre ingeniería genética siguen vigentes en la actualidad. A veces se dice que hay que prohibir los transgénicos por «principio de precaución».

Quien diga esto lo más probable es que no tenga ni idea de cómo funciona el proceso de autorización de un OGM, ya que se basa precisamente en este principio y por eso es mucho más complicado conseguir la autorización de un OGM que de otra variedad. Una vez ya se ha superado este proceso, volver a invocar el principio de precaución es como quererte cobrar dos veces por lo mismo.

Así que en los primerísimos albores de la tecnología, mucho antes de que llegara el primer OGM a un supermercado, ya se tuvo en cuenta la seguridad, antes que cualquier otra cosa. ¿Y qué pasa con las nuevas variedades que no son OGM? ¿Son igual de seguras? No lo podemos decir porque no se han hecho los estudios. Una variedad nueva no transgénica sale al mercado sin apenas pruebas de toxicidad ni controles y con un proceso de autorización muy sencillo. La excusa es que al ser un derivado de un producto que ya existía o un cruce debe de ser seguro. Pero este criterio no se aplica a un nuevo OGM, que ha sufrido menos cambios en el genoma que una variedad que venga por cruce, hibridación o mutagénesis, y más si tenemos en cuenta que en la mejora clásica no conocemos los cambios producidos en el genoma. Puede pasar que una nueva variedad salga al campo, que luego se vea un problema y se tenga que retirar, como de hecho pasó con una variedad de puerros que acumulaba psoralenos y con cepas de levadura que se utilizan en panadería que son alérgicas. Con un transgénico esto es difícil que pase porque se hacen toda una batería de pruebas. Los OGM tienen la consideración de nuevos alimentos y según la ley europea deben someterse a todo tipo de controles. Esto, además de a los OGM, afecta también a los cocineros con estrellas Michelin. La ley de nuevos alimentos que se pensó para frenar a los OGM está impidiendo, por ejemplo, que Carne Ruscalleda sirva medusa en su restaurante o que la estevia se comercialice (lo que está autorizado es la molécula que le da sabor dulce a la estevia, el E-960). Por poner un ejemplo, los kiwis empezaron a venderse en España en el año 1986. Llegaron y se pusieron en los supermercados como objeto exótico, vendiéndose a cien pesetas la pieza (sesenta céntimos de euro), lo que en aquella época era muy caro. Poco tiempo después se vio que algunas personas desarrollaban alergia al kiwi, una alergia que por suerte no era demasiado fuerte. Pero lo curioso es que en ningún momento nadie se ha

planteado pedir la prohibición de los kiwis. ¿Un transgénico puede causar alergia? Obviamente sí. Si partimos de una planta que provoca alergia o metemos una proteína que provoca alergia, el resultado provocará alergia. Y de hecho pasó una vez. Un grupo de investigación intentó mejorar las cualidades nutricionales de la soja transformándola con una proteína de nuez de Brasil, rica en lisina, para mejorar (todavía más) su perfil de aminoácidos. Cometieron el error de elegir una proteína muy alérgica y, cuando empezaron los primeros ensayos en animales, se dieron cuenta de que producía reacciones alérgicas. El proyecto se detuvo ahí y esta variedad nunca salió al mercado. Como suele pasar con los OGM, la noticia salió en la prensa con titulares del estilo «Los transgénicos producen alergias»,<sup>1</sup> aunque nadie haya tenido nunca ninguna alergia por este motivo. Realmente no fue más que un experimento fallido, y ¿cuántos experimentos fallidos consiguen atraer la atención de la prensa? Si eso es un titular, pasen por mi laboratorio y les doy los que quieran, que las hipótesis muchas veces fallan. Lo más llamativo es que este efecto nunca se da en sentido inverso. He comentado en el capítulo anterior que ahora mismo se están investigando variedades OGM ricas en antocianos que en ensayos en ratones han demostrado que pueden prevenir la aparición del cáncer (los tomates púrpura). ¿Alguien ha visto un titular de prensa que diga «Los transgénicos curan el cáncer»? Yo no, pero al margen de la generalización inadecuada podría ser más cierto que el de «Los transgénicos producen alergia». El problema es que estos mensajes negativos calan, pese a que no sean ciertos.

Otro de los argumentos repetidos con frecuencia es que no podemos confirmar la seguridad de los OGM porque hace poco que los estamos consumiendo y no sabemos sus efectos a diez años, o a veinte, o a cien. Un argumento falaz y bastante tonto. La diferencia entre un OGM y el organismo del cual procede es un trozo de ADN, que codifica una proteína. Si tenemos en cuenta que el tamaño del genoma del maíz es de 2.300 millones de pares de bases, que codifican unas 32.000 proteínas, la modificación que le hacemos es de menos de 5.000 pares de bases. Unos simples cálculos nos indican que hemos modificado menos del 0,0002 por ciento de su genoma. Para verlo gráficamente: si el genoma del maíz midiera un kilómetro, la modificación que hacemos es añadir dos centímetros, una cifra mucho menor

que en una variedad nueva donde se ha modificado su genoma por mutagénesis y no sabemos dónde se han producido estos cambios. Otro aspecto a tener en cuenta es que una vez en el estómago el transgén y la proteína que codifica se degradan en el baño ácido en que se convierte el bolo digestivo y quedan reducidos a aminoácidos o nucleótidos, que son las partes constituyentes de proteínas y ADN respectivamente. Por lo tanto, unos tres minutos después de meternos en la boca un trozo de maíz o soja OGM ya no queda rastro de ella. Un estudio de más de diez minutos (vamos a dar un margen por si alguien tiene la digestión pesada) es irrelevante.

Otra paradoja es: ¿por qué nos preocupamos del transgén y no de los otros genes? Comerse un trozo de ternera implica comer genes que codifican cuernos; un tomate, genes para dar color rojo; una berenjena, el color morado; una lechuga, genes para hacer la fotosíntesis, y un pollo genes para que te salgan plumas. Si tenemos que preocuparnos por el transgén, ¿por qué no lo hacemos con el resto del genoma? Total, como he explicado en el capítulo 2, los genes se comen y llevamos haciendo eso desde poco después de que LUCA empezara a nadar en la sopa primordial (el medio líquido en el que se originó la vida). Por lo tanto, si te pones verde, rojo o morado, tienes plumas o te salen cuernos no es por lo que comes, sino por otras circunstancias. Es un poco absurdo que tengas miedo a comerte un tomate con un gen de pollo, pero luego pidas pollo con tomate para comer. De cualquiera de las dos formas en tu estómago vas a mezclar genes de pollo y tomate, comas transgénico, convencional o ecológico.

Una de las exigencias de muchas organizaciones ecologistas es que se etiquete si el ganado ha sido alimentado con OGM. Pedir es fácil, pero cumplirlo es complicado. Una vez degradadas las proteínas y el ADN, no se puede realizar ningún análisis en la carne que demuestre si el animal ha comido pienso OGM o no, de modo que no se puede implementar una ley que va a ser imposible hacer cumplir. La única forma de saberlo sería analizar las heces del ganado, donde puede quedar algún resto no digerido sobre el cual se pueda hacer el análisis. Ya que a los grupos ecologistas les gusta tanto hacer análisis e informes, a menudo con graves defectos metodológicos, ¿por

qué no lo analizan ellos y hacen una lista marrón de marcas de carne en cuyas heces se encuentre que han comido OGM? Sería un buen complemento a su lista roja y verde.

Sea como sea, en temas de seguridad y de salud alimentaria, relacionados o no con los OGM toda precaución es poca, y no hace falta que nadie nos lo diga. A pesar de la escasa vida media del transgén en el organismo sí que tenemos estudios a largo plazo, que muchos parecen ignorar. En noviembre de 2014 la revista *Journal of Animal Science* publicó un estudio realizado por A. L. Van Eenennaam y A. E. Young<sup>2</sup> basado en el mayor seguimiento realizado en ganado alimentado con pienso OGM. El estudio abarca 100.000 millones de animales en un periodo que comprende desde 1983, cuando no existía el pienso a base de cereales transgénicos, hasta 2011, cuando prácticamente todo el pienso es transgénico. El resultado es que no se ha podido determinar ningún tipo de efecto adverso sobre la salud.

Hay un factor más que avala la seguridad de los OGM: la comida está muy controlada. Tenemos una sólida seguridad alimentaria que es fruto del esfuerzo de muchos organismos. Todos los alimentos pasan un control de calidad y continuamente se realizan inspecciones por parte de diferentes autoridades europeas como la European Food Safety Authority (EFSA), la Food and Feed Safety Alerts (RASFF) o, a nivel nacional, la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN), que periódicamente publican informes sobre seguridad alimentaria. En estos informes nunca se han denunciado problemas de salud relacionados con OGM, a pesar de que están tan monitorizados como los otros alimentos. De hecho, si os preocupa la seguridad alimentaria, mejor no consumir ecológico, que en estos informes suele salir peor parado que lo convencional. No es alarmante pero sí significativo. La última alerta grave en Europa, en 2011, con 48 muertos, la mal llamada crisis del pepino, fue por consumo de brotes de fenogreco ecológicos y aquí nadie ha invocado el «principio de precaución» para pedir una moratoria sobre productos ecológicos, algo que estaría plenamente justificado.

También diferentes organizaciones o autoridades han hecho informes específicos sobre seguridad de los OGM. Por ejemplo, el Ministerio de Educación y Ciencia alemán publicó en 2014 un informe en el que concluía

que «Los resultados de veinticinco años de estudio demuestran que no hay más riesgo en plantar OGM que en plantar cultivos convencionales». Para afirmar esto, el BMBF (siglas del Ministerio en alemán) ha necesitado «una inversión de 100 millones de euros en más de 300 proyectos relacionados con la investigación en bioseguridad. De esos, 140 eran específicos sobre seguridad de OGM».<sup>3</sup> La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos sacó un estudio con conclusiones parecidas a nivel de seguridad alimentaria.

Solo hay un caso de contaminación seria con resultado de muerte que se pueda relacionar con un organismo transgénico. No lo vas a encontrar en ninguna página web de ninguna organización ecologista, te lo voy a contar yo. La empresa japonesa Showa Denko utilizó una cepa transgénica de *Bacillus amyloliquefaciens* para obtener triptófano, un aminoácido esencial que se utiliza en diferentes complementos nutricionales. En 1989 la compañía cambió la cepa y simplificó el proceso de purificación. El resultado fue una intoxicación masiva que produjo el síndrome de eosinofilia-mialgia, con un saldo de 38 muertos, principalmente en el estado de Nuevo México (Estados Unidos). Este síndrome tiene unos síntomas similares a los del envenenamiento por aceite de colza que se dio en España, y no se ha vuelto a producir. Hasta ahora no se ha encontrado el causante del síndrome, pero se descarta que sea por el hecho de ser transgénico y se da por seguro que fue uno de los contaminantes presentes en el producto final, que en el preparado original (más purificado) no aparecía. Llama la atención que con la gran cantidad de información negativa y falsa que circula sobre los OGM esto, que es cierto, no haya tenido apenas trascendencia. Posiblemente porque para una campaña de una organización ecologista no es rentable. No hablamos de una planta transgénica (donde nunca hemos tenido ningún problema de salud) sino de un microorganismo, de esos que se utilizan para producir medicinas como la insulina. Claro, no quedaría muy bien empezar un debate diciendo «nosotros no estamos en contra de los OGM que se utilizan en medicina» (como normalmente dicen) y luego decir que son peligrosos precisamente por uno de esos.

Sin embargo, hemos visto pósteres de Greenpeace con patatas en forma de escorpión, dibujos de mazorcas y tomates con dientes, de niños comiendo mazorcas de Monsanto cuya piel verde se cae a tiras o de tomates con un feto humano en su interior. ¿Deberíamos preocuparnos? Ellos te dicen que hay estudios que han detectado riesgos para la salud por comer OGM... ¿Son creíbles estos estudios? Vamos a verlo.

## LOS RATONES DE PUSZTAI

Hay algo que como científico me llama la atención: la biotecnología, y en concreto la vegetal, es una disciplina con una producción científica bestial. Todas las semanas sale algún artículo de transgénicos en revistas generalistas como *Nature*, *Science* o *PLOS* en los que han utilizado esta tecnología o describen alguna planta transgénica nueva. Si vamos a las revistas de biología vegetal como *Plant Cell*, *Plant Physiology* o *Plant Journal*, hablamos de varios artículos al día en los que utilizan esta tecnología, principalmente interesados en ciencia básica. También hay revistas específicas de biotecnología vegetal como *Transgenic Research*, *Journal of Plant Biotechnology*, etc., en las que específicamente se describen los últimos avances en el campo de las plantas transgénicas. De hecho, el número de revistas científicas específicas de biotecnología supera las doscientas. Estas revistas se basan en un procedimiento editorial llamado *peer review*, o revisión por pares, que consiste en que un artículo enviado a publicar es revisado, de forma anónima, por otros científicos del mismo campo que son los que deciden si el texto tiene calidad suficiente para ser publicado. La calidad de una revista científica se mide por el nivel de citas que reciben los artículos publicados en ella. Publicar en una revista muy citada es más difícil y la revisión por pares mucho más estricta que en una que cita poca gente. El índice que muestra el nivel de una revista es conocido como factor de impacto.

En resumen, podríamos decir que cada hora hay un artículo nuevo sobre plantas transgénicas disponible en revistas con factor de impacto que ha superado una revisión por pares. No obstante, este volumen de información

nunca llega a los medios. Sin embargo, cuando sale un artículo o, ni siquiera eso, alguna declaración que se escapa de la tónica general sobre los OGM y denuncia algún hipotético problema para la salud, esta es la que se reproduce en todos los medios de comunicación, dando la falsa impresión de que hay un debate sobre este tema. La evidencia científica a favor del uso y de la seguridad de esta tecnología es abrumadora, pero esa no es la imagen que trasciende. ¿Tienen más validez estos artículos negativos que los miles que apuntan en sentido contrario? El problema es que ninguno de los primeros resiste un análisis detallado.

Serían precisos filtros que otorgaran credibilidad a lo que se publica en sentido negativo, igual que se hace con los artículos científicos. A veces se presenta como noticia lo que no deja de ser un simple bulo (*hoax*, en la jerga actual) o estudios que no merecen ser considerados como tales, puesto que no han alcanzado un mínimo de calidad ni superado la revisión por pares. Como ejemplo de *hoax* tenemos uno que circuló por diferentes portales de internet en el que se decía que médicos españoles confirmaban la primera muerte por una alergia causada por transgénicos.<sup>4</sup> Se supone que el ciudadano había consumido tomates transgénicos importados de Portugal con un gen de pescado que le había producido un choque anafiláctico; la noticia iba acompañada de una foto de una rueda de prensa en el Instituto de Salud Carlos III. Pero hay pequeños detalles que nadie tuvo en cuenta, ni siquiera los medios que rebotaron el suceso: no hay tomates transgénicos en el mercado ni se utilizan proteínas alérgicas para hacer transgénicos, y la foto era de la rueda de prensa de la comparecencia que se llevó a cabo durante la crisis del Ébola. Todo era mentira. Pero como era hablar mal de los transgénicos, todo vale. También hace unos años salió un estudio de una oscura y misteriosa fundación rusa que decía que cuando se alimentaban ratones con transgénicos les salían pelos en la boca, una toxicidad que se manifestaba en la tercera generación, y que si lo hacían humanos los testículos se volvían azules. Por ridículo que parezca este estudio, me lo han llegado a señalar en algún debate, a lo que yo he replicado que, dado que en Estados Unidos llevan veinte años comiendo OGM, cuando vea una peli porno americana ya me fijaré en si el Rocco Siffredi yanqui tiene los testículos azules.

Descartando los bulos, uno de los primeros estudios aparentemente serios que «alertó» de la peligrosidad de los OGM fue hecho por el doctor Puzstai. En 1998 salió en un programa de televisión alertando de que había alimentado ratones con unas patatas OGM que expresaban una proteína de *Galanthus nivalis* («campanilla de invierno»). La proteína, una lectina, era tóxica para insectos, pero no para mamíferos. Sin embargo, sus ratones presentaban problemas en el crecimiento, en el sistema inmunológico y en el intestino. Según él, el problema no era debido a la proteína en sí, sino a que había inducido un cambio en la patata y ahora era tóxica. Lo primero que llama la atención es que lo denuncie en la televisión y no en un artículo científico, y lo segundo es que extienda sus conclusiones a los transgénicos en general. Dado que los transgénicos se analizan y autorizan caso por caso, las conclusiones de su estudio serían que ese transgénico en particular es tóxico, pero no daría ninguna información sobre la tecnología de forma general. En ese momento empezó una campaña mediática de apoyo a Puzstai por parte de grupos antitransgénicos, pero con una particularidad: el artículo seguía sin publicarse.

Finalmente se publicó en *The Lancet*, una de las revistas más prestigiosas en medicina, la misma que años después publicaría un artículo que relacionaba las vacunas con el autismo y que resultó más falso que un billete de tres euros.<sup>5</sup> Esto era la prueba definitiva que estaban esperando algunos de que los OGM son muy malos. Un detalle: la ciencia hace los experimentos y a partir de ahí elabora conclusiones. La pseudociencia funciona al revés: parte de unas conclusiones preconcebidas y busca experimentos que las confirmen. Los grupos anti OGM ya llevaban un tiempo alertando de la peligrosidad de los OGM sin ningún dato, y este estudio parecía apoyar las conclusiones que ellos mismos habían elaborado previamente. Esto es lo que se llama la falacia de confirmación, cuando solo consideras los argumentos que apoyan tus ideas e ignoras los demás. Esto se puede adornar con el *Cherry Picking* («coger cerezas»), que consiste en seleccionar solo aquellos argumentos que apoyan tu conclusión y descartan el resto.

Lo que no citaron es que el mismo artículo se publicó con un editorial de Richard Horton, director de la revista, diciendo que había tenido muchas dudas en publicarlo y que lo había hecho para empezar un debate científico sobre el tema y para que nadie pusiera en duda la transparencia de la revista ni de la investigación sobre OGM, es decir, que se había publicado por la presión mediática. Tampoco se menciona que en ese mismo número otro estudio cuestionaba la validez de los resultados. Sin embargo, eso no ha sido impedimento para que durante muchos años siguieran citándose estudios sobre la toxicidad de los OGM y en concreto este de Puzstai. El hecho de que durante todo este tiempo hayan salido multitud de estudios e informes técnicos avalando la seguridad de los OGM, o que cada semana se publiquen artículos con nuevas descripciones de OGM, no ha servido de mucho. Este estudio seguiría citándose si no fuera porque alguien cogió el relevo: Seralini y sus ratas.

#### SERALINI Y SUS RATAS MONSTRUOSAS

Un argumento que estoy aburrido de oír en los debates es que los estudios que apoyan la seguridad de los OGM están financiados por la industria y que están amañados para que salga la conclusión que el que paga quiere oír. En resumen, acusan de sicarios a los científicos que publican conclusiones sobre transgénicos que no son negativas. ¿Es eso cierto?

Miremos un poco la historia. Es verdad que a veces se han publicado informes científicos sesgados detrás de los cuales había intereses comerciales. Hay un caso clásico, el del científico Clair Cameron Patterson, que fue el primero que en 1953 pudo datar con exactitud la edad de la tierra. En 1965, en su libro *Entornos naturales y contaminados por el hombre*, alertaba de que los estratos más recientes que estaba investigando tenían una cantidad de plomo elevadísima. Empezó a tomar muestras en todas partes y descubrió que el plomo que se estaba utilizando como aditivo en la gasolina estaba contaminando el planeta entero. El problema es que enfrente tenía a la gran industria petrolera, que no estaba dispuesta a renunciar a seguir utilizando ese aditivo. Lo que hizo la industria fue contratar a Robert A. Kehoe, un

eminente toxicólogo y experto en salud laboral, para que desmontara estas afirmaciones y demostrase que el plomo era inocuo, y, a la vez, tratar de hundir el prestigio y la reputación de Clair Patterson. Durante unos años Clair Patterson se vio continuamente atacado y algunos estudios científicos pretendieron demostrar que sus hallazgos eran falsos. Patterson no contaba con el apoyo de ninguna gran empresa detrás, mientras que Robert A. Kehoe contaba con toda la industria automovilística y la del petróleo. ¿Cómo pensáis que acabó la historia? Es fácil. ¿Habéis puesto gasolina recientemente? ¿Os suena lo de «sin plomo 95» y «sin plomo 98»? Ahí lo tenéis. Una de las fortalezas del sistema científico es la reproducibilidad y la objetividad. Tú puedes tener todo el apoyo económico que quieras, pero en un artículo de investigación debes explicar claramente cómo has hecho los experimentos, de forma que cualquiera en cualquier otro laboratorio sea capaz de volver a hacerlos y llegar a los mismos resultados, y esto es lo que señala quién tiene razón. Obviamente la denuncia de contaminación por plomo era fundada y los datos sólidos, por lo que hoy está prohibido, y gracias a la proliferación de huertos urbanos estamos limpiando las ciudades de ese elemento.

Es cierto que cuando una empresa quiere autorizar un OGM es ella la que paga los estudios que garantizan la seguridad. Obviamente. Es la empresa la que va a ganar dinero si esa variedad se autoriza, así que es lógico que pague. La gente que dice que los estudios no son válidos porque los pagan las empresas deben de estar a sueldo de Monsanto. O sea, ¿que una empresa quiere que le autoricen un producto y lo tenemos que pagar entre todos? No sería justo, puesto que es la empresa la que va a beneficiarse. La validez de los estudios no la da quien los paga, sino quien los revisa. Y esos estudios son convenientemente revisados por organismos independientes como la EFSA o la US Food and Drug Administration (FDA), que esos sí que los pagamos entre todos y sus conclusiones e informes son públicos.

A pesar de este funcionamiento autocorrector de la ciencia y de que el proceso de autorización de un OGM es completamente transparente, hay quien sigue sembrando dudas sobre su seguridad. Más o menos como quien va en sentido contrario por la autopista y culpa a los demás de estar equivocados. O, siendo más realista, que sabe que solo conseguirá

financiación si va en sentido contrario por la autopista, con las largas puestas y haciendo sonar el claxon para llamar mucho la atención. Entre otras cosas porque les resulta muy rentable.

En 2012 una imagen se coló en todos los medios de comunicación: unas ratas con unos tumores como una pelota de *ping-pong*. Parecía la prueba definitiva de la peligrosidad de los organismos transgénicos. Además, el científico que firmaba como autor principal del estudio (Gilles-Éric Seralini) denunciaba todo tipo de presiones y se presentaba como víctima del siniestro *lobby* de los transgénicos. Y a pesar de tener al *lobby* detrás, había publicado la impactante foto en todos los medios y dado una rueda de prensa. Además, hizo un embargo sobre el estudio, por lo que nadie pudo leerlo hasta varios días después, cuando ya había pasado el impacto mediático. Otro aspecto sospechoso es que la publicación del artículo se hizo coincidir con la publicación de un libro del propio Seralini en el que hablaba de la maldad de los transgénicos. El editor del artículo (la persona que se encarga de dirigir el proceso de revisión y que en última instancia decide si el artículo se publica o no) era José Luis Domingo, científico que siempre se ha declarado públicamente antitransgénicos. Parece que se habían juntado el hambre y las ganas de comer.

Una vez publicado el estudio, este no despejó las dudas sino que creó más. La investigación se había realizado en una variedad de maíz transgénico llamada NK60 resistente al herbicida glifosato. En las conclusiones se indicaba que estos problemas eran debidos a los restos del glifosato junto con el maíz transgénico. Todo muy raro. La variedad en cuestión no era ninguna que acabara de salir al mercado, sino que llevaba más de diez años cultivándose en Estados Unidos y Sudamérica. Su uso principal era para piensos, sin que se hubiera detectado ningún tipo de problema ni alarma médica o veterinaria. Había superado el proceso de aprobación de la americana FDA y de la europea EFSA. Un poco extraño que en diez años y después de haber superado inspecciones muy duras por diferentes organismos, él y solo él se hubiera dado cuenta de algo que no había visto nadie. Con una variedad tan popular, lo normal habría sido que los veterinarios que inspeccionan el ganado hubieran hecho saltar la alarma, pero

no. Solo él con sus ratas. Numerosos autores expresamos nuestras dudas por el estudio, ya sea en forma de comentarios en blogs o redes sociales,<sup>6</sup> o en comentarios que publicó la misma revista.

Los detalles técnicos tampoco eran tranquilizadores. Utilizaba solo diez ratas por cada sexo, lo cual es insuficiente para sacar conclusiones relevantes desde el punto de vista estadístico. Además, utilizaba una línea de ratas de laboratorio, la Sprague-Dawley, que se emplea en estudios de cáncer porque tiene facilidad para sufrir mutaciones espontáneas y padecer cáncer, pero no parece la más adecuada en un estudio que quiera demostrar si algo produce cáncer en individuos sanos. Y respecto al método experimental, en proporción con el peso de las ratas la cantidad que se les daba era varios órdenes de magnitud mayor que la dosis a la que en el peor de los casos puede estar alguien expuesto al glifosato. Así que dentro del ámbito científico, nadie le dio la más mínima credibilidad al estudio.

No era la única cosa rara. Seralini alegó que la investigación le había costado alrededor de tres millones de euros. Esto supera de largo el presupuesto de muchos departamentos universitarios o laboratorios de investigación. Por poner un ejemplo, un proyecto del Plan Nacional de Investigación oscila entre los 120.000 y los 300.000 euros para un periodo de tres a cinco años. Cuando se acaba el proyecto tienes que justificar la productividad en forma de patentes y publicaciones científicas. Si con ese dinero solo eres capaz de aportar una publicación, y, además, en una revista que no es de las líderes en su campo, tu carrera científica se ha acabado. Sin embargo, Seralini sigue recibiendo una financiación generosa con una productividad muy pobre. Como decía Garganta Profunda, «Follow the money». Vamos a ver quién paga. En el artículo se cita explícitamente: «Agradecemos su apoyo a la Fundación CERES, la Fundación Charles Leopold Mayer pour le Progrès de l'Homme, el Ministerio de Agricultura de Francia y CRIIGEN».

Curiosamente la Fundación CERES, presidida por un alto cargo de la multinacional francesa de la distribución, es una fundación ecologista y con una postura anti OGM, y la empresa CRIIGEN, de la que el propio Seralini forma parte y que ha sido financiada por las dos multinacionales francesas de la distribución alimentaria en las que estás pensando, dos multinacionales

abiertamente anti OGM. No en balde, Francia es un país exportador de maíz y le fastidian mucho las importaciones de maíz OGM estadounidense. Si investigamos un poco más en la Fundación CRIIGEN, vemos que está presidida por un acupuntor y que tiene relación con la empresa de productos homeopáticos Sevene Pharma y con la asociación Invitación a la Vida, declarada por el gobierno francés como secta pseudocatólica enfocada en la curación. Una extraña combinación. Por cierto, ¿cuál es la especialidad de Seralini? ¿Oncólogo? ¿Veterinario? Es decir, es lógico que un especialista en alimentación animal vea un problema en el maíz OGM, o que un experto en soja la encuentre. Pero si vemos la (escasa) producción científica de Seralini, su especialidad es decir que los OGM son malos, ya que todos sus estudios llegan a la misma conclusión. Y sus estudios están financiados por empresas u organizaciones abiertamente anti OGM. Parece que está especializado en decir a sus financiadores lo que quieren oír, aunque luego ningún científico se lo tome en serio. Y no se corta en hacer trampas. En una publicación reciente sale una fotografía idéntica a otra utilizada en una publicación anterior, solo que en la primera publicación eran hepatocitos de rata macho y en la segunda de rata hembra. Parece que va acoplando las imágenes al resultado que le interesa.<sup>7</sup>

Volviendo a la historia del plomo y la gasolina, ¿quién recibe aquí dinero para decir lo que el que paga quiere oír? Pista: la mayoría de los estudios que se publican sobre OGM en revistas de ciencia básica están financiados por fondos públicos. La última publicación de Seralini es de un remedio homeopático contra la intoxicación por glifosato. Como de costumbre, el remedio lo vende la empresa Sevene Pharma, que generosamente financia sus estudios, incluido este.<sup>8</sup> Si los científicos anti OGM son como Seralini, necesitan científicos mejores.

Por cierto, no íbamos tan desencaminados cuando dijimos en su momento que el estudio no tenía ni pies ni cabeza. La propia revista lo retiró alegando que los resultados no eran consistentes para apoyar las conclusiones, algo de lo que un editor competente tendría que haberse dado cuenta. Tiempo después el estudio fue republicado, sin someterse a ninguna corrección, en una revista de menor relevancia y dedicada al medio ambiente.<sup>9</sup> Todo queda en casa.

Un último detalle que los ecologistas que citan los estudios de Seralini parecen olvidar y que al editor también se le pasó por alto es que este estudio incumple las normas más elementales de ética en el trato animal. Simplemente por esto no debería haber sido publicado. Hoy en día cualquier científico que trabaje con animales debe cumplir unas exhaustivas revisiones de maltrato animal y de sufrimiento innecesario. En este tipo de estudios el procedimiento te obliga a contar el número de tumores cuando aparecen, sacrificar a los animales para evitar sufrimiento y presentar los datos de forma estadística, con una gráfica de barras, por ejemplo, ya que lo que interesa es la información cuantitativa. La famosa foto de los ratones solo busca el sensacionalismo fácil y es una prueba de mal comportamiento científico y de no cumplir las normas más elementales. Si esto lo hubiera hecho otra persona, probablemente le habría costado alguna sanción y no volver a recibir financiación. Es curioso lo poco que se preocupan las multinacionales francesas de la distribución alimentaria, la cátedra Leopold Mayer y Greenpeace (financiadora de otros estudios del autor) por estos temas.

Respecto al poco respeto por el bienestar animal de los anti OGM se puede hablar de otro estudio, presentado por Judy Carman.<sup>10</sup> Las conclusiones eran que si daban de comer a cerdos maíz transgénico se les inflamaba el intestino. Aquí ni se molestaron en publicar en revistas serias con revisión por pares, sino en una publicación de agricultura ecológica. El estudio fue financiado por la asociación australiana de agricultura ecológica, algo que no deja de ser sorprendente puesto que la agricultura ecológica, por definición, no utiliza OGM. No se entiende por qué financian un tipo de alimentación que queda fuera de su campo. Sería como si científicos árabes o israelíes financiaran estudios sobre la carne de cerdo. No se entendería el interés, salvo que las conclusiones fueran que es muy mala y que hay que comer Halal, Kosher... o sin OGM. Lo más divertido es que las conclusiones de este «estudio» van en contra de las de Seralini, puesto que no ven diferencias en la mortalidad ni en la salud de los cerdos con una u otra dieta. Y ni rastro de cáncer por ninguna parte. Lo que encuentran ahora es una inflamación del estómago, inflamación que se investigó sacrificando a más de cincuenta cerdos. Ni entre los antitransgénicos en estudios autoeditados se

ponen de acuerdo en cuál es el problema. El estudio tiene otros aspectos divertidos, como que uno de los autores, Howard Vleiger, propietario de una empresa que comercializa piensos no transgénicos y que no se corta en defender abiertamente su postura anti OGM,<sup>11</sup> es autor de un estudio anterior en el que dice que el maíz OGM es tóxico por tener formaldehído y restos de glifosato. En este estudio declara que no se han encontrado diferencias entre la composición del maíz OGM y el convencional. Es capaz de afirmar una cosa y la contraria. Todo vale. Pero, eso sí, la normativa de bienestar animal está para otros. En fin, si los transgénicos nos van a matar, que se aclaren y nos expliquen cómo, porque parece que no lo tienen claro ni entre ellos mismos.

Parece que esta gente siempre tiene un plan B: si no te mata el transgénico lo hará el glifosato.

## ESE MALDITO GLIFOSATO

En los últimos tiempos se ha oído mencionar mucho a un herbicida llamado glifosato. En las recientes campañas electorales hemos visto que la prohibición del glifosato se incluía en muchos programas o que muchos ayuntamientos se han declarado libres de glifosato. Desde Argentina nos han llegado reportajes con fotos terribles de niños con malformaciones presuntamente debidas al glifosato que es pulverizado desde aviones. ¿Realmente es tan peligroso? ¿Debemos preocuparnos? ¿Tiene algo que ver con los transgénicos?

El glifosato es el principio activo de numerosos herbicidas, entre ellos el Round Up, creado por Monsanto (sí, la misma empresa que puso el primer OGM en el mercado). Su éxito no solo se basa en su baja toxicidad y su bajo precio por estar libre de patente desde el año 2000, sino que la molécula de glifosato es muy inestable, por lo que su vida media en el campo es limitada (unos veintidós días, pudiendo ser más corta en suelos arcillosos) y se descompone en varias sustancias inocuas.

¿Dónde está el problema? Todos los años se retiran herbicidas y otros agroquímicos del campo porque se asume que su toxicidad no compensa sus beneficios o porque aparece algún problema. ¿Recordáis a algún grupo ecologista recogiendo firmas contra la retirada del paraquat? ¿Algún ayuntamiento que se haya declarado libre de atrazinas? ¿Habéis leído algo sobre el oxifluoruro en algún programa electoral? ¿Y en cuántas manifestaciones habéis visto pancartas pidiendo la prohibición de la rotenona? Las tres primeras moléculas son herbicidas que ya han sido prohibidos. La rotenona es un insecticida de origen natural que se utilizaba en agricultura ecológica. Fue prohibido en 2007 por su elevadísima toxicidad, ya que es un neurotóxico y algunos estudios lo relacionan con la enfermedad de Parkinson. ¿Alguna vez os han pedido firmas para prohibir alguno de estos fitosanitarios? Simplemente se han evaluado informes científicos que alertaban de sus riesgos y se han retirado sin necesidad de ningún ruido mediático ni presión popular. La diferencia es que en el caso del glifosato no hay ningún informe científico serio que alerte de peligro, más bien al revés: la mayoría hablan de su seguridad, por eso sigue en uso. En 2016 se han producido varias votaciones en el Parlamento europeo para renovar la autorización del glifosato y en todas se ha votado a favor, a pesar de la fuerte presión de los grupos ecologistas.

La campaña contra el glifosato no es más que una forma encubierta de ir en contra de los OGM. Los grupos ecologistas llevan veinte años anunciando la toxicidad de los OGM, pero cosecha a cosecha sus predicciones fatalistas no se cumplen. Sin embargo, las variedades OGM que más se siembran en el mundo son las resistentes al glifosato, por lo que criticar al glifosato es una forma indirecta de meter presión sobre los OGM. Si se prohibiera el glifosato, de un plumazo muchos OGM dejarían de tener utilidad. Además, el glifosato es una buena víctima propiciatoria de cara a los grupos ecologistas, ya que lo ha creado Monsanto, con lo cual se puede aprovechar toda la campaña de imagen negativa, construida en gran parte por los grupos ecologistas. Monsanto representa el mal: antes era por los OGM, ahora por el glifosato. Es cuestión de reciclar.

Circula un vídeo en el que a Patrick Moore, uno de los fundadores de Greenpeace que ahora hace campaña activa a favor del arroz dorado, después de hablar de la inocuidad del glifosato le ponen un vaso del mismo y se niega a beber. A ver, yo tampoco bebo glifosato puesto que es un herbicida, no una limonada. Los herbicidas no se beben. Pero tampoco he visto a un agricultor ecológico comer estiércol compostado, a pesar de que siempre están hablando maravillas de él. También hay quien dice que es tóxico porque según la International Agency for Research on Cancer (IARC), organismo dependiente de la OMS que categoriza diferentes compuestos y circunstancias por su carácter carcinogénico o no, es 2A (probablemente cancerígeno). Lo que pasa es que esa lista te dice el qué, no el cuánto. En la categoría 1 (cancerígeno) aparecen el tabaco, el alcohol y el jamón serrano. Obviamente mucho jamón tienes que comer para que sea igual de peligroso que el tabaco. El estiércol no aparece en la lista de la IARC, por lo que no es cancerígeno. No sé por qué no se lo comen. Encontrar algo más natural es imposible.

A pesar de que la campaña en contra del glifosato no tiene ninguna base científica, en 2015 diferentes ayuntamientos se declararon libres de glifosato, alegando criterios espurios. El problema es prohibir algo sin tener un sustituto. Alguno de estos ayuntamientos, como el de Castellón, dijeron que iban a utilizar alternativas naturales y ecológicas, como el ácido acético al 20 por ciento. Total, el vinagre es un alimento, así que será inocuo, ¿no? Aquí tenemos varios problemas. El vinagre es ácido acético al 5 por ciento. En toxicología el qué no es tan importante como el cuánto. Si alguien tiene una botella de acético al 20 por ciento no le recomiendo que la huela o se la beba, puesto que ese ácido es irritante y corrosivo. Además, es mucho menos efectivo que el glifosato y más caro, sin contar el desagradable olor a encurtido que deja en la ciudad.<sup>12</sup> Otro detalle en el que no parecen haber reparado es en el hecho de que el glifosato, o cualquier herbicida efectivo, salva vidas. Los arcenes de las carreteras se tratan continuamente con herbicida para evitar que crezca la maleza. Esto evita accidentes, sobre todo a ciclistas y a motoristas, y evita que sirva de refugio a fauna urbana no

deseada (principalmente ratas). Las ciudades libres de glifosato tienen dos alternativas: o volver a un herbicida efectivo (glifosato, por ejemplo) o ver cómo aumenta el número de ratas y de accidentes. Otro detalle es que el acético al 20 por ciento no está autorizado como fitosanitario (la legislación es muy estricta), así que pueden estar incurriendo en un delito ambiental.

Pero hay un lugar en el mundo donde el tema del glifosato es más candente que en Castellón: Argentina. En este país hay grandes extensiones de campo que son pulverizadas con este herbicida desde avionetas. Esto ha hecho que se produzca una agresiva campaña contra este herbicida, de la cual fui víctima indirecta en una frustrada charla en la Universidad Nacional de Córdoba, en la que aparecieron un grupo de activistas y agredieron a los asistentes. Esta beligerancia se traspasa al campo de la ciencia. Muchos de los estudios que alertan de posibles riesgos del glifosato vienen precisamente de Argentina. Uno de los autores fue el eminente biólogo del desarrollo y militante ecologista Andrés Carrasco, presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el equivalente argentino de nuestro CSIC, fallecido en 2014.<sup>13</sup> En uno de sus estudios trataba de demostrar que el glifosato es peligroso porque al inyectarlo en embriones de pollo o de salamandra se producían malformaciones. Obvio, si inyectas café o agua en un embrión también produces malformaciones, pero el glifosato no está indicado para uso intraplacentario puesto que es un herbicida. La redacción de ese artículo era sospechosa, ya que alertaba de los probados peligros ambientales del glifosato sin aportar una sola cita ni un solo estudio, es decir, era un artículo escrito desde su faceta de militante y no la de científico. Como suele pasar en estos casos, pronto salieron cartas al editor alertando de los sesgos de este estudio (entre ellas la de un servidor),<sup>14</sup> ya que era prácticamente imposible extrapolar estos resultados a circunstancias reales de exposición a glifosato. Pero eso no pareció importarles a la gente.

Y si a Andrés Carrasco no se le puede cuestionar una carrera científica paralela a su activismo, el problema es que luego vinieron los que solo son activistas. Encabezados por la Red de Médicos de los Pueblos Fumigados, continuamente publican notas de prensa sobre supuestos estudios que pretenden haber demostrado los problemas ambientales del glifosato, estudios que en muchos casos ni siquiera se publican en revistas científicas sino que se

cuelgan en páginas web. Por ejemplo, en 2015 supuestamente encontraron que en el pueblo agrícola de Monte Maíz la tasa de cáncer triplicaba la media nacional, y esto fue recogido por toda la prensa mundial.<sup>15</sup> Cuando se les preguntó la metodología resultó que el estudio se hizo yendo al pueblo y preguntando a la gente quién tenía cáncer o si conocían a alguien que lo tuviera, no en base a estadísticas médicas oficiales. La propia universidad rechazó este estudio y sus conclusiones,<sup>16</sup> pero esto solo apareció en la prensa local, y no en los periódicos que habían publicado el alarmante estudio inicial. Por cierto, el propio nombre de la asociación habla de su escaso bagaje científico. En ingeniería agrícola una fumigación se hace bajo techo, en invernadero, mientras que si es en exterior se denomina pulverización. El glifosato se pulveriza, no se fumiga. Espero que sepan más de medicina que de agricultura.

No obstante, estos grupos, a pesar de ser minoritarios, cuentan con un notable presupuesto. Vamos a jugar de nuevo al «*follow the money*». Hay zonas de Argentina con numerosa mortalidad infantil y alta incidencia de cáncer por determinados factores, como pobreza, falta de servicios sanitarios mínimos como alcantarillado y por la contaminación por arsénico del suministro de aguas. De hecho, estudios serios han demostrado una correlación clara entre la incidencia de cáncer y la contaminación por arsénico del agua. Muchos de estos problemas podrían ser subsanados mejorando los servicios públicos, pero, claro, al político local le sale más a cuenta que le echen la culpa a los agricultores por las pulverizaciones que a él por no poner alcantarillado o agua potable.

**ARGUMENTO BOOMERANG: ¿Y SI LOS TRANSGÉNICOS FUERAN BUENOS PARA LA SALUD?**

Hasta aquí hemos visto que los presuntos argumentos alegando que los transgénicos son malos para la salud no tienen ningún tipo de base real. De hecho este argumento puede ser un *boomerang*. ¿Y si fueran buenos? Insisto en la idea que he querido transmitir durante todo el libro: no se puede

generalizar en el tema de los transgénicos, porque cada uno es de su padre y de su madre (o de su estambre y su pistilo, o de su esqueje...), así que refinaremos. ¿Hay algún transgénico que suponga una ventaja para la salud?

Sí, ya lo he dicho. Trigo apto para celíacos, tomates que previenen el cáncer, plantas ricas en provitamina A, plantas ricas en hierro, plantas que vacunan. En principio tenemos OGM diseñados específicamente no por sus cualidades agronómicas, sino para aportar una mejora nutricional o una mejora de salud. De acuerdo, pero podéis objetar que estos cultivos se han diseñado específicamente para tener esta ventaja y que muchos de estos todavía están en experimentación.

Vamos a complicarlo un poco más. ¿Alguno de los transgénicos que se siembran mayoritariamente puede aportar alguna mejora en la salud? Pues la respuesta sigue siendo sí, y nos referimos a las variedades resistentes a insectos, entre ellas, el MON810, que se siembra en España. Uno de los argumentos que han dado los que se oponen a los OGM es que si la proteína que expresan es tóxica para insectos por qué no va a serla para nosotros. Obviamente no tiene nada que ver nuestro peso corporal con el de un insecto, al margen de que esta proteína es tóxica en medio básico y nosotros hacemos la digestión en medio ácido. La gente que utiliza este argumento parece olvidar algunos factores como que el *Bacillus thuringiensis* de forma natural vive en el suelo. Pero hay otro detalle más divertido. El *Bacillus thuringiensis*, la bacteria entera, se utiliza como bioinsecticida y está autorizado en agricultura ecológica. Es decir, sabemos que la proteína expresada en la planta es inocua, pero hay quien se empeña en hablar de principios de precaución y cosas por el estilo, y, en cambio, la bacteria entera, con todo el genoma, todo su ARN y todas sus proteínas (incluyendo las Cry), se pueden espolvorear en un cultivo y eso es ecológico. ¿Es inocuo? Pues parece que los cultivos de esta bacteria tienen la mala costumbre de contaminarse con otras variedades muy tóxicas, como el *Bacillus cereus*. Desde 2007 hasta 2014 hemos tenido 413 alertas alimentarias que han afectado a 6.657 personas, de las cuales 352 fueron hospitalizadas,<sup>17</sup> y todo debido al uso de esta bacteria como pesticida ecológico. Las alarmas por consumo de maíz Bt, que contiene solo la proteína Cry, y que por tanto no se contamina con otras bacterias, son 0.

Las ventajas no acaban aquí. Vamos a acercarnos metafóricamente a un campo de MON810 y a ver qué pasa. El taladro del maíz es una plaga de orugas que se alimenta principalmente de la caña de este cereal. Cuando el agricultor ve que el taladro está atacando su campo aplica el insecticida cuando el bicho ya ha mordido la caña y ha creado agujeros. En el maíz OGM estos agujeros no llegan a producirse puesto que cuando las larvas eclosionan al primer bocado que dan se mueren. La cosecha puede seguir adelante en los dos casos, aunque cuando llueve o cuando se riega el maíz estos agujeros que ha hecho el taladro en los no OGM se llenan de agua y son un vivero fantástico para que crezcan hongos, muchos de los cuales producen compuestos tóxicos como las micotoxinas, una de las preocupaciones principales de las autoridades sanitarias, ya que son muy tóxicas; las fumonisinas, por ejemplo, son cancerígenas. Otros de los principales peligros de estas micotoxinas afectan a la mujer si está expuesta a ellas en el primer mes de embarazo, puesto que interfieren con el metabolismo del ácido fólico y son causantes de malformaciones en el desarrollo del tubo neural que pueden llevar a la aparición de espinas bífidas, microcefalias o anacefalias.

La política respecto a estos compuestos es un buen ejemplo del doble rasero que tiene la Unión Europea en estos temas. Las micotoxinas siguen siendo uno de los problemas que más alertas tiene cada año, por lo que los límites legales son muy estrictos. Y dentro de ellos, un tipo de producción, la ecológica, se encontraba con muchos problemas, puesto que al no poder utilizar insecticidas de síntesis las contaminaciones de hongos como efecto secundario de la acción de insectos son frecuentes. Lo que hizo la UE en el año 2007 ante el gran número de alarmas fue, sorprendentemente, aumentar el nivel tolerado, con lo cual las alarmas cayeron a la mitad al existir un mayor margen. Ha sido el único caso en que un límite en vez de hacerse más estricto se hace más laxo, con lo cual todos hemos perdido seguridad alimentaria. Y no parece que haya sido suficiente. En 2013 Francia solicitó una dispensa temporal del límite debido a que por las condiciones climáticas la cosecha difícilmente podía entrar en el umbral legal. O sea que tenemos un problema con el maíz francés y ponen en riesgo la salud de todos, ya que como dijo la EFSA, en muchos casos el nivel de exposición bordea el límite de inseguridad.<sup>18</sup> Este problema nunca hubiera ocurrido si Francia sembrara

maíz transgénico. De hecho, en un estudio realizado en 2008 con todas las alertas por micotoxinas registradas en el periodo 2003-2007, se evidenciaba que el 69 por ciento eran sobre maíz convencional y el 31 por ciento sobre el ecológico, mientras que el transgénico tenía 0. Si contamos que menos del 5 por ciento del maíz es ecológico vemos que la proporción está disparada. Lo más curioso de esta situación es que en Europa el maíz OGM sin picaduras de insectos se dedica principalmente a piensos, mientras que el convencional es el que utilizamos en alimentación. Otro efecto de nuestra maravillosa política anti OGM es que los cerdos están comiendo un maíz más seguro que los bebés.

Ya que he hablado de bebés... ¿os preocupa qué planeta vais a dejar a vuestros hijos?

## CAPÍTULO 6

# TRANSGÉNICOS Y MEDIO AMBIENTE. LA CONTAMINACIÓN INVISIBLE... O INEXISTENTE.

En el capítulo anterior hemos visto que todos los peligros y miedos sobre efectos para la salud de los cultivos OGM que se han augurado en los últimos veinte años no se han cumplido. Sin embargo, dado que parece claro que no nos van a matar, un argumento alternativo es que no nos matan pero acaban con la biodiversidad y suponen un peligro para el medio ambiente. Poco más o menos que siembras un transgénico y en poco tiempo van a salirte transgénicos hasta en los geranios del balcón. ¿Será verdad?

### LA AGRICULTURA MATA LA BIODIVERSIDAD

De vez en cuando en las paredes de la Universidad de Lleida aparecen pintadas de grupos antitransgénicos que rezan «*Els científics son els capellans del segle XXI*» o «*Els transgènics maten la biodiversitat*». La primera conclusión que se puede sacar del autor es su poco conocimiento del catalán, ya que se come la mayoría de las tildes o las utiliza incorrectamente. Ya se sabe, el que no sabe escribir en el cuaderno escribe en la pared. En el mensaje se aprecia una evidente tecnofobia, rayana en el ludismo. Y supongo que si esta pared es la de una facultad de ciencias es porque esas conclusiones tan profundas, la de que los transgénicos matan la biodiversidad, no logran publicarlas en ninguna revista científica. Vamos a explicar por qué.

Este filósofo urbano o poeta de pared ajena entenderá de pintura en spray, pero de agronomía poco. Para empezar... ¿A qué transgénico se refiere? ¿A un jabón con enzimas? ¿A un fármaco? En estos casos la

contribución o el perjuicio a la biodiversidad son absolutamente nulos. Ni quita ni pone, ya que todo se hace *in vitro*, lejos del campo. Hablar de microorganismos transgénicos en este capítulo es irrelevante, dado que su uso es industrial o médico, y no están diseñados ni se suelen utilizar en espacios libres. Así que nos centraremos en las plantas y animales OGM.

Empecemos por el principio. Si te preocupa la biodiversidad, lo primero que tienes que hacer es no sembrar. Un campo no cultivado es un terreno donde las diferentes especies de flora, fauna y microbiología están en un equilibrio y crean relaciones entre ellos, de forma que unos animales se comen a otros y así controlan su población, o que unos animales colaboran con otros, como plantas o insectos que las defienden, etc. Este tipo de relaciones son las que estudian los ecólogos. Un cambio en las condiciones (una ola de frío, una sequía, la aparición de una nueva especie) altera este equilibrio, pero con el tiempo se establece un nuevo equilibrio. Ecología fue un término inventado por el alemán Haeckel y proviene del griego *oykos* (sí, como la marca de yogur), que quiere decir «casa», ya que todos vivimos en un ecosistema. Ahora vamos a cultivar ese campo. Lo primero que hace el agricultor es meter la azada o el arado para desbrozar y desterronar, esto es, para quitar malas hierbas y descompactar el suelo. Lo que a veces olvidamos es que una azada es un arma artesanal de destrucción masiva de biodiversidad. Lo que un agricultor llama malas hierbas, un botánico lo puede denominar endemismo de alto valor ecológico, y lo que un agricultor llama desterronar un edafólogo dirá que está alterando las propiedades físico-químicas del suelo. Cuando ya ha preparado el suelo (y exterminado la gran cantidad de flora autóctona), lo que hace es sembrar una especie cultivada, es decir, incorporar una especie foránea, como patatas, tomates o lechugas, especies que no forman parte del ecosistema original. Obviamente este nuevo ecosistema no está en equilibrio, porque hemos alterado la armonía entre diferentes especies en beneficio de una, dos o tres foráneas. Los sistemas siempre tienden al equilibrio. El aumento artificial de una sola especie perjudica a las que vivían en ese lugar, pero beneficia a las que se pueden alimentar de esa especie, que tendrán unas mejores condiciones y cuyo número aumentará por la abundancia de alimento. Así, especies que en un ecosistema en equilibrio eran poco relevantes, en un campo cultivado pueden

tener las condiciones para aumentar su número. A esto lo llamamos plaga. Un agricultor que utilice un herbicida o un insecticida, o un agricultor ecológico con un insecticida autorizado para uso ecológico, no es más que alguien que está evitando que el ecosistema recupere su equilibrio natural. Por lo tanto la agricultura siempre ataca la biodiversidad. Decir que hay un tipo de agricultura que respeta más la biodiversidad que otro porque no utiliza monocultivos sino que cultiva varias especies a la vez es una falacia, puesto que las especies cultivadas (una o diez) no forman parte del ecosistema. Aunque la agricultura pretenda llamarse ecológica, realmente no lo es.

Es cierto que en los últimos años se ha producido una importante erosión genética. Nuestra alimentación depende cada vez más de menos plantas y de menos variedades. Habría que precisar que esta erosión es un fenómeno global, pero no local. Me explico: hoy vas a un supermercado y te puedes encontrar mucha más variedad de frutas y de verduras que hace unos años. A ver, ¿quién encontraba aguacates, kiwis, mangos o papayas hace cincuenta años en un supermercado? Como veis, la biodiversidad para el consumidor ha aumentado. Sin embargo, a nivel global ha disminuido. ¿Por qué? Pues porque los mercados alimentarios han pasado de ser muy locales y depender de la temporalidad a ser globales. Cuando algo triunfa, se extiende y acaba con la competencia. Antes en cada zona había unas variedades locales, pero ahora, si hay una variedad que funciona mejor o que la pagan a mejor precio, esa es por la que optan los agricultores. De todas formas, la globalización alimentaria no es nada nuevo. ¿A nadie le resulta extraño que antiguamente a los supermercados pequeños se les llamara «ultramarinos»? Pues era por que traían alimentos que venían de las colonias de ultramar (América, África o las Filipinas).

También es cierto que la tecnificación ha favorecido el monocultivo. Es un problema real y complejo. Por ejemplo, los plátanos son un triploide estéril procedente de *Musa acuminata*, una planta que en la naturaleza es diploide y fértil, pero que al ser triploide es estéril y no hace semillas, lo que es muy apreciado. La mayoría del mercado mundial de plátano dulce es de la variedad Cavendish. Si tenemos un triploide con dos copias del genoma de

*Musa acuminata* y una de otra especie como *Musa balbisiana* tendremos los plátanos machos que se utilizan para cocinar, típicos de la gastronomía caribeña. El problema es que al propagarse siempre de forma asexual hemos perdido el fondo genético de la especie y prácticamente todos los plátanos que se cultivan en el mundo son clónicos. Esto supone un problema: si aparece una plaga nueva, o buscamos que se adapten a otras condiciones, no hay margen porque no disponemos de fondo genético, no podemos cruzar con variedades silvestres o con otras especies resistentes porque no hay. Ahora mismo los cultivadores de plátanos tienen un serio problema. ¿Esto es culpa de los OGM?

¿Los monocultivos son culpa de los OGM? ¿Qué es el olivar de Jaén o el arroz en la Albufera? ¿Y el girasol o el trigo en Castilla? ¿Son OGM? Para nada. Esta erosión también se está produciendo en especies donde todavía no hay OGM disponibles. Decir «Los transgénicos acaban con la biodiversidad» es no tener ni idea del tema y recuerda a lo que hacía Catón en la antigua Roma, que hablara de lo que hablase siempre añadía «*Ceterum censeo Carthaginem esse delendam*». Cartago debe ser destruida. O lo que es lo mismo: sea lo que sea, pase lo que pase, la conclusión es que debemos prohibir los OGM, aunque el argumento no tenga que ver con los OGM. Una vez decidimos sembrar un campo, el mal a la biodiversidad ya está hecho, pongamos transgénicos o no. Así que una crítica que se les suele hacer a los transgénicos es común a toda la agricultura. Cartago al final fue destruida, esperemos que no pase lo mismo con los OGM.

#### DISEMINAR GENES EN EL MEDIO AMBIENTE

Es cierto que hay una objeción que se le puede hacer a los cultivos OGM. En la agricultura ponemos especies ajenas al ecosistema en el medio ambiente, pero si la planta es transgénica además ponemos una especie foránea con un gen ajeno. La gracia de este gen es que implique una mejora. ¿Podría suceder que ese gen le diera una ventaja a esta planta y que se convirtiera en invasora? O incluso peor, ¿podría pasar que este gen se transfiriera a otra planta, por ejemplo, a una mala hierba, o a un insecto, y se convirtiera en una

superplaga? La pregunta y la duda son legítimas. Tanto que antes de que este debate llegara a la sociedad, hace mucho tiempo, los científicos ya se lo habían preguntado.

El primer ensayo (autorizado) de organismos OGM en el medio ambiente fue en 1986, con microorganismos. La cosa fue un poco liada. Uno de los principales miedos que tiene el agricultor es a que venga una helada que acabe con su cosecha y dé al traste con su esfuerzo y sus ingresos de todo un año. En el campo, cuando la temperatura baja por debajo del punto de congelación, se forman cristales en la superficie de la planta que rompen la membrana celular, provocando que esta pierda agua y teniendo un efecto que en gran parte es similar a la sequía. Si la temperatura bajo cero dura lo suficiente se pueden formar cristales grandes que directamente destrozan la fruta o incluso matan a la planta. Este daño se ve favorecido porque algunas de las bacterias que hay en la superficie del fruto o de la hoja favorecen la formación de cristales de hielo. Sin este efecto de iniciación por parte de las bacterias los cristales necesitarían una temperatura más baja para formarse y el daño de la helada sería mucho menor. Los biotecnólogos Steven Lindow y Nikolas Panopoulos descubrieron que la bacteria *Pseudomonas syringae* forma estos cristales por culpa de una proteína de su cubierta celular. Por ingeniería genética crearon una línea mutante de esta bacteria que no expresaba esta proteína y la esparcieron por la superficie de las plantas. En condiciones de laboratorio las bacterias modificadas evitaban la formación de cristales y por tanto el efecto de la helada era mucho menor. Sobre el papel parecía una buena idea, pero había que demostrarlo.

En 1983 obtuvieron la licencia para realizar los primeros ensayos de campo, pero al hacerse público tuvieron que enfrentarse con la presión popular de liberar al medio ambiente una bacteria transgénica (a pesar de que la modificación era para quitarle un gen). En 1984 se revocó la licencia y estos ensayos no llegaron a realizarse. No obstante, utilizando una laguna legal, la empresa Advanced Genetic Sciences (AGS) obtuvo la autorización en 1985 para ensayar el *Iceminus* (nombre comercial de la bacteria modificada), basándose en el hecho de que la revocación afectaba a centros oficiales, pero no a empresas privadas. Los experimentos iban a realizarse en la localidad californiana de Salinas. Sin embargo, las prisas son malas

consejeras y la empresa los inició antes de tener el visto bueno de las autoridades. Esta pueril imprudencia le costó a AGS una multa de 20.000 dólares y perder la autorización. Finalmente los ensayos se llevaron a cabo de forma controlada en 1987 dirigidos por Julie Lindemann.

¿Qué pasó finalmente con las bacterias anticongelantes? Los numerosos recelos surgidos por la liberación al medio ambiente de estas bacterias y las trabas administrativas indujeron a AGS a cancelar el proyecto. No obstante, hay que saber valorar los pequeños beneficios de las grandes derrotas, o dicho de otra manera, cualquier avance científico siempre deriva en una aplicación, aunque sea inesperada. *Pseudomonas syringae* actúa como núcleo de congelación, lo cual es malo en el campo pero puede ser bueno, por ejemplo, en una máquina de nieve artificial, ya que permite aumentar la eficiencia y rebajar los costes energéticos. Lo más gracioso es que al ser una bacteria natural ninguna ley impide esparcirla libremente, porque desde el momento en que no es transgénica a nadie parece importarles si puede alterar algún ecosistema. AGS rentabilizó la investigación, pero en sentido contrario: patentando el sistema Snowmax, que consistía en cañones de nieve que utilizaban una solución de bacterias muertas para aumentar la eficiencia de producción de nieve. Este sistema salvó las Olimpiadas de Calgary en 1988. Cuando veas una máquina de nieve en funcionamiento piensa que te está rociando generosamente de *Pseudomonas*. Eso sí, no son transgénicas.

Esta batalla judicial hizo que Europa volviera a tomar la delantera. En 1986 se realizó el primer ensayo en condiciones de control con OGM en el medio ambiente (y con todos los papeles en regla). Virólogos de la Universidad de Oxford hicieron un experimento que consistía en infectar con baculovirus orugas del pino (la temida procesionaria). Los virus se habían modificado mediante la introducción de una secuencia de ADN que permitía su seguimiento, con la finalidad de investigar las dinámicas de infección. Era un experimento que no buscaba una aplicación práctica inmediata, sino que era ciencia básica para estudiar la dinámica de poblaciones de esta especie y

posibles métodos de control de plagas. Para evitar escapes al medio ambiente, el campo experimental se rodeó con una red que impedía que se fugaran orugas o mariposas.

¿Y las plantas transgénicas? El tema del flujo de genes de una especie transgénica a una especie silvestre también ha interesado a los científicos desde los albores de la tecnología. Uno de los primeros estudios en los que se trataba de contestar a esta pregunta lo realizó el profesor Mick Crawley en 1990, seis años antes de que se iniciara el cultivo a gran escala de OGM. Lo que hizo fue sembrar los OGM disponibles en esa fecha (maíz, remolacha, colza y patata) junto a sus homólogos no OGM en doce ecosistemas naturales y hacer un seguimiento de varios años. El resultado fue que en los primeros cuatro años desaparecieron todos los cultivos OGM. Los no OGM también, menos una de las variedades de patata que se mantuvo hasta el décimo año. Una especie cultivada depende absolutamente de la mano del hombre. Un maíz OGM o un algodón OGM siguen siendo maíz y algodón, es decir, especies acostumbradas a que el agricultor les quite las malas hierbas, las riegue y les quite los bichos que se las comen, nada habituadas a tener que batallar con una multitud de plantas silvestres acostumbradas a buscarse la vida y a hacer frente al cambio de condiciones ambientales y a bichos que se las quieren comer. Por ejemplo, ¿por qué en proporción hay tan pocas especies silvestres comestibles y tantas venenosas? Porque acumular moléculas tóxicas es una forma de hacer frente a los depredadores. Pensar que una planta cultivada, OGM o no, puede convertirse en invasora es como pensar que si se escapan una vaca o un cerdo en la selva pueden crear una catástrofe ecológica. Yo me preocuparía por el pobre animal, no por el ecosistema.

José Pío Beltrán, presidente de la European Plant Society Organization y compañero del IBMCP, me contó una anécdota de esas que hacen pensar. En 1976 estuvo en una conferencia de un alto directivo de una empresa de agroquímica americana en la que este contó que tenían una planta de producción de fitosanitarios en Alemania, y que cuando empezaron a apretarlos con las leyes ambientales y control de la contaminación la cerraron y la abrieron en España. Visiblemente ofendido, José Pío le

preguntó qué pasaría cuando España aplicara estas leyes con el mismo rigor. Su respuesta fue: «Cerrarla e irnos a Marruecos». La tecnología de los OGM no fue ajena en sus inicios a este tipo de actitudes arrogantes por parte de los países desarrollados, que se beneficiaban del hecho de que la tecnología suele ir por delante del marco regulatorio. Uno de los primeros ensayos no autorizados con OGM tuvo lugar en Argentina. A finales de los ochenta, Estados Unidos introdujo de contrabando una vacuna para el ganado basada en ADN recombinante e inició sin ningún tipo de autorización ni control un ensayo con animales en la población de Azul (provincia de Buenos Aires). Al ser descubierto el problema, el gobierno de Raúl Alfonsín paró el ensayo. Para evitar que el país se convirtiera en un banco de pruebas ilegales impulsó un estricto marco regulatorio para los organismos OGM basado en tres evaluaciones independientes; impacto sobre la salud, medio ambiente y económico, por tres organismos independientes (SENASA, CONADIBIO y Ministerio de Agricultura). Argentina supo sacar partido de este hecho, ya que cuando a finales de los noventa salieron las primeras plantas transgénicas al mercado era el único país del mundo que tenía a punto la normativa y bien definido el proceso de autorización, lo que explica que adoptara estos cultivos de forma inmediata.

Podemos pensar que el daño puede ser más sutil. Por ejemplo, que la soja o maíz OGM se crucen con una hierba silvestre, le transfieran el gen de resistencia a un herbicida y esta se convierta en una supermaleza resistente a herbicidas e imposible de eliminar. En muchas zonas de América existen todavía variedades silvestres del teosinte, la planta a partir de la cual se domesticó el maíz, que todavía pueden hibridar con el maíz cultivado. Cuando sucede esto supone una pérdida de la cosecha, ya que el producto tiene una calidad penosa. Si en esta hibridación se incluye un gen de resistencia a herbicida podemos crear una supermaleza. Este argumento se ha repetido muchas veces, sin ir más lejos, en la entrada en castellano de la Wikipedia para el término «transgénesis».<sup>1</sup> Parece un argumento definitivo en contra de los OGM. Pero decir esto supone no conocer el proceso de autorización, ya que este es uno de los muchísimos factores que se tienen en cuenta a la hora de autorizar un OGM. La única retirada de un OGM que

estaba en siembra comercial que ha habido hasta ahora fue en Estados Unidos, por una remolacha resistente a herbicida. Cuando estaba en uso se descubrió que había una especie silvestre con la que podía hibridar, lo que hizo que se prohibiera su cultivo en ciertas zonas. Por lo tanto este riesgo se conoce y se tiene en cuenta.

Si el hecho de que un gen de resistencia a herbicida pueda propagarse a una planta silvestre es tan peligroso y nos preocupa tanto... ¿Qué pasaría si este gen estuviera en una planta no OGM? En ciencia todo se aprovecha. Ya hemos dicho que uno de los problemas del exceso de herbicida, como del exceso de insecticidas o de antibióticos, es la aparición de resistencias. Esto favorece que aparezcan malezas resistentes a herbicidas o insectos resistentes a insecticidas. También puede pasar que lo que se haga resistente al herbicida no sea la mala hierba sino el cultivo, y a esto también se le saca partido. La empresa BASF comercializa desde hace años las variedades Clearfield de maíz, colza, arroz, girasol, trigo y lentejas que son resistentes a herbicidas sin ser transgénicas. Básicamente tratan cultivos con herbicida para que aparezca una resistencia, y cuando esta lo hace la cruzan con otros cultivos por técnicas clásicas para introducirla en la variedad de interés. Al no ser transgénicas, estas variedades no tienen que superar ningún complicado proceso de autorización. Ese es uno de los problemas de la legislación, realmente ser o no ser transgénico no depende de la planta en sí, sino de la forma en la que se ha incorporado el gen. Se legisla sobre el método, no sobre el producto. Al haberse incorporado el gen de resistencia por hibridación o cruce, no se considera OGM ni tiene que cumplir la estricta normativa de autorización. Y lo que es más grave: la resistencia a herbicidas no transgénica también se puede buscar en plantas que no se comen.

El *Lolium perenne*, también llamado ballico o césped inglés, es uno de los céspedes típicos de los campos de golf. En 2013 la empresa de semillas Fitó anunció el lanzamiento de una variedad de césped no OGM resistente al glifosato llamada JS501 (GLY RYE). Su principal virtud es que soporta hasta 1,13 litros de glifosato por hectárea. La existencia de esta hierba plantea toda una serie de preguntas incómodas. Resulta que es una planta desarrollada para ser resistente a un herbicida, pero hay casos descritos de alergia a esta hierba y, lo que es más preocupante, existen al menos tres plantas silvestres

que pueden hibridar con ella, por lo que existe un riesgo de que el gen de tolerancia al glifosato se propague por la naturaleza y se creen hierbas resistentes. ¿Habéis visto alguna manifestación o recogida de firmas contra esta hierba? ¿Alguien preocupado por alguna posible catástrofe ecológica? No. Queda claro que la preocupación ambiental por los transgénicos es postureo. Cuando existe un riesgo real de propagación de genes de resistencia en el medio ambiente, no le importa a nadie.

La intervención humana ha creado catástrofes ambientales y ha provocado la extinción de especies, pero eso nunca ha pasado con un OGM y muy pocas veces con plantas utilizadas en agricultura. Sin embargo, hay animales domésticos responsables de la extinción de especies, sobre todo de pájaros y reptiles. Estamos hablando de los gatos. Hay casos documentados de un solo gato en una isla que fue capaz de extinguir a una especie de pájaro. También hay especies de plantas consideradas como invasoras que están causando graves problemas ambientales, y son por lo general plantas que han entrado accidentalmente o plantas utilizadas en jardinería. No entiendo que no haya grupos pidiendo la prohibición de los gatos. A veces son los propios ecologistas los que crean el problema ambiental, como cuando les dio por liberar visones de granjas dedicadas a la peletería. El visón es una especie muy agresiva que arrasa con las especies autóctonas y se convierte en una plaga, como de hecho pasó en las islas Cíes.<sup>2</sup>

## EL PERRO TRANSGÉNICO DEL HORTELANO

Ya hemos visto que existe la posibilidad de que un transgén de una planta cultivada pueda acabar en una planta silvestre por un cruce no deseado. Y he explicado que esto se evita por medios legales, no autorizando que se siembre en una zona donde existan plantas silvestres que permitan esta posibilidad,

que, insisto, parece que solo preocupa si sirve como argumento en contra de los OGM. Cuando una especie no OGM puede propagar genes de resistencia o es una especie invasora no le preocupa a nadie.

No obstante, evitar la propagación de semillas transgénicas se ha tratado de evitar de muchas maneras. ¿Os suena lo de las semillas Terminator? A principios de los noventa el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y la empresa Delta and Pine Land Company desarrollaron una tecnología que provocaba que la planta hiciera el ciclo normal de vida pero que todas sus semillas fueran estériles. Esta empresa luego fue comprada por Monsanto. En ese momento los grupos anti OGM propagaron el bulo de que era una estrategia para que los agricultores no pudieran propagar las semillas y esclavizar así a los agricultores.

La realidad es que lo de comprar la semilla en cada cosecha no es nuevo. En agronomía existe un fenómeno llamado heterosis, o vigor híbrido, que implica que la semilla que procede de dos variedades diferentes es mucho mejor que la de cada una por separado. El problema es que su descendencia no sirve para semilla, puesto que genéticamente no será uniforme, sino que los genes empezarán a separarse y habrá diferencia de altura y de calidad. Cuando vayas al campo y veas un cultivo de maíz con todas las mazorcas parecidas y de la misma altura, es maíz híbrido. Además, producir y conservar semillas es complicado, y si no lo haces bien te arriesgas a perder la cosecha. Si, además, la semilla no es certificada no puedes asegurarla. Lo de que obligan a comprar semilla es un argumento muy pobre. En la mayoría de las ocasiones a los agricultores les sale a cuenta comprarla. Por lo tanto una tecnología que provocara la esterilidad evitaría contaminaciones y no representaría un cambio demasiado grande en el mercado de semillas. Pero, como el perro del hortelano, que ni come ni deja comer, debido a la campaña en contra Monsanto decidió no comercializarla. Greenpeace no perdió la oportunidad de sacar tajada mediática y se ofreció a comprar la patente por una libra esterlina. De hecho el nombre Terminator nunca fue la denominación oficial y fue puesto por los grupos anti OGM para estigmatizar a esta tecnología. Las semillas Terminator nunca se comercializaron.

Existe una extraña organización llamada Plataforma Andalucía Libre de Transgénicos, o PALT, integrada por organizaciones como FACUA (esa organización de consumidores que considera que el DALSY es un alimento), que organizó una semana de lucha antitransgénica en la que entre otras reivindicaciones manifestaba: «Especialmente grave es el desarrollo de plantas químicamente dependientes y la de semillas “suicidas” Terminator, que suponen una grave amenaza para agricultores/as, seguridad alimentaria y medio ambiente». Es curioso que se preocupen por la amenaza de algo que no existe en el mercado y que, en caso de existir, precisamente lo que haría sería solucionar problemas. Esta sí que es la amenaza fantasma, y no la de *Star Wars*. Aunque es justo decirlo: en fechas recientes, Rubén Sánchez, portavoz de FACUA, se ha manifestado públicamente a favor del uso de esta tecnología.<sup>3</sup>

Incluso la tecnología de semillas no viables (me resisto a llamarla Terminator) es mejorable. ¿Podríamos evitar que el polen de un OGM hibride con una planta no OGM? Sí, se puede hacer. De hecho, tecnológicamente es bastante fácil. El truco está en saber seleccionar el promotor, esa parte de ADN que precede al gen, que no codifica pero regula su expresión. Existen promotores que solo se expresan en función de diferentes órganos y podemos utilizarlos si nos interesa. Por ejemplo, un gen que sirva para acumular más azúcar o más pigmentos puede ser útil en el fruto, pero no en la flor, y viceversa. Un gen que sirva para absorber fosfato puede ser útil en la raíz, pero no en la hoja. Ya que disponemos de las herramientas, podemos utilizarlas hábilmente. Podríamos hacer que un gen solo se exprese en el polen, pero el gen que exprese sea, por ejemplo, una enzima que degrada ARN. Dado que el ARN es necesario para el funcionamiento de la célula lo que tendremos es un sistema suicida, es decir, que en el momento en que se exprese el gen su producto hará que se muera la propia célula. Obviamente si ese gen lo pones con un promotor que se exprese en toda la planta lo que obtienes es nada. El motivo es que la planta se muere en el momento en que germina, o antes, cuando se está formando el embrión. Pero si ponemos un promotor que se exprese solo en el polen y le ponemos un gen que degrada el ARN tendremos una planta normal, pero que no podrá autofecundarse ni fecundar a otra planta porque no producirá gametos masculinos. Una planta

así tendría muchas ventajas, la principal es que no contaminaría a nadie ya que no produce polen. Tendría otras ventajas adicionales. Por ejemplo, en el IBMCP el grupo de Vicente Moreno y de Luis Cañas desarrollaron un geranio transgénico que expresaba este sistema más un gen que retrasaba la senescencia, de forma que la flor duraba más tiempo y, al no producir polen, tampoco producía alergias. Con este sistema la propagación de los transgenes en la naturaleza es imposible. Otro método con el que puede evitarse tecnológicamente la propagación de transgenes es el ya explicado de la transformación de cloroplastos. Ninguno de estos métodos se está utilizando a nivel comercial. Los grupos anti OGM deberían reivindicarlos.

¿LOS OGM MATAN BICHOS?

Ya hemos visto que lo de propagar transgenes en la naturaleza es improbable. Tenemos herramientas tecnológicas para evitarlo, y además están las barreras legales. Incluso en el caso de que ocurriera, difícilmente eso podría suponer que una especie se convirtiera en invasora. Es más peligroso con las no OGM.

Pero vamos a poner unas condiciones todavía más estrictas. ¿Podría ser que un OGM resistente a insectos fuera tóxico para un insecto que no fuera diana y que eso provocara algún perjuicio ambiental? Este argumento ya se planteó en su momento. En la revista de la Academia Nacional de Ciencias norteamericana, *PNAS*, salió publicado que el polen del maíz transgénico podía ser tóxico para la mariposa monarca, un insecto que se desplaza a bandadas y que es muy característico de Estados Unidos. El estudio levantó sospechas. Para empezar, las larvas de esta mariposa se alimentan únicamente de una especie vegetal, la asclepia o algodoncillo, que no es una mala hierba del maíz. En el diseño experimental ponían asclepias envueltas en polen de maíz OGM y se veía una alta mortalidad en las larvas de mariposa monarca. Este fue el argumento que necesitaban los anti OGM para pedir la prohibición de los OGM. Por supuesto nadie prestó atención al detalle de que este experimento no representaba para nada las condiciones naturales en las que se encuentran las larvas de mariposas monarcas. En estas condiciones las

larvas prácticamente se ahogaban con el polen. Poco tiempo después salió otro estudio con unas condiciones experimentales más realistas. La cantidad de polen del segundo estudio realmente representaba el que podía haber para una asclepia que estuviera en un campo de maíz. Ahora las larvas de mariposa monarca estaban felices, esta cantidad no representaba ningún peligro, y de hecho en condiciones de campo nunca se ha podido demostrar ningún tipo de impacto de cultivos OGM con genes Bt sobre poblaciones de mariposa monarca. El tiempo que ha pasado nos permite reevaluar el impacto del maíz Bt en las poblaciones de mariposa. En veinte años el cultivo de variedades OGM resistentes a insectos ha pasado de cero a casi todo, y sin embargo las poblaciones de esta mariposa no se han resentido, más bien al contrario: ha acabado colonizando nuevos territorios, entre ellos España.<sup>4</sup>

Que un argumento esté superado o que se demuestre que no era cierto normalmente nunca supone un problema para los grupos de oposición a los OGM. El supuesto daño que hacen los OGM a las mariposas monarca es un argumento que aún hoy en día se repite hasta la saciedad, a pesar de que ese daño solo existió en un laboratorio y en unas condiciones que no tienen nada que ver con las condiciones que puede encontrar una mariposa en el campo. Tanto es así que en Estados Unidos existe una compañía privada que certifica (pagando, claro) que un producto no contiene OGM. El símbolo de esa compañía es una mariposa monarca. Un pequeño detalle es que cuando se secuenció el genoma de este animal se vio que había incorporado genes de otra especie, así que era, como prácticamente todos los organismos, un transgénico natural. Por lo tanto un organismo transgénico es el icono que te certifica que tu comida no lo es. Pero la mariposa es natural y tu comida no.

## CONTAMINACIÓN POR TRANSGÉNICOS. LOS CASOS REALES

Si consideramos contaminación en su significado más amplio no deberíamos analizar únicamente aquella que tiene impacto sobre el medio ambiente. Hoy por hoy existe una normativa en Europa que obliga a etiquetar todo aquello que en su composición contenga más de un 0,9 por ciento de producto transgénico o derivado de él. Que en algún momento un OGM haya

aparecido en un producto que no sea OGM por algún tipo de error en la manipulación o procesado es algo que puede pasar, y de hecho ha pasado. Pero en la realidad muchas menos veces de las que nos quieren hacer creer. En este apartado he tratado de recopilar todos los casos reales con pruebas sólidas y resoluciones judiciales. En el capítulo siguiente veremos que otras veces se han hecho denuncias, completamente infundadas.

La compañía Aventis desarrolló el maíz transgénico StarLink, que contenía resistencia al herbicida glufosinato y una versión de la proteína Cry llamada Cry9C. La más utilizada es la versión Cry1A. El problema es que Cry9C, a diferencia del resto de las versiones, no se degrada fácilmente en el estómago y es relativamente resistente al cocinado, aunque no se llegó a demostrar ningún efecto adverso en los estudios. Sin embargo, por precaución, la FDA solo la autorizó para consumo animal. En el año 2000 se denunció que se había encontrado este maíz en productos destinados a consumo humano, principalmente tacos y aperitivos embolsados distribuidos en Estados Unidos, Japón y Corea. Aventis se comprometió a comprar toda la producción a precio de oro y a limpiar la cadena alimentaria, lo que le costó una fortuna. Poco tiempo después, esta compañía fue comprada por Bayer. Todo esto levantó un gran revuelo mediático. De hecho, la denuncia inicial fue obra del diario *The Washington Post*. 51 personas denunciaron a Aventis por haber sufrido problemas de salud derivados del consumo de StarLink. De estas, solo 28 pudieron demostrar que efectivamente lo habían consumido, y en ningún caso se pudo constatar ningún tipo de problema para la salud. Hay que tener en cuenta que la legislación alimentaria es muy garantista y no se observó un efecto adverso para la salud, solo que no se degradaba. Algo similar sucedió en 2006, cuando se encontró en variedades de arroz para exportación trazas de arroz LL601 de Bayer, que no estaba autorizado para consumo humano. Todavía no está claro cuál fue el origen de la contaminación, pero a Bayer le tocó rascarse el bolsillo para limpiar todas las partidas contaminadas, que nunca llegaron al consumidor.

Este fiasco con el StarLink es sin duda el caso de contaminación más importante. Si buscamos alguno más ya hay que bucear en las hemerotecas. En el año 2001 la compañía ProdiGene, especializada en la obtención de fármacos a partir de plantas OGM, contrató un campo para realizar un ensayo

en Nebraska (Estados Unidos). Estaban intentando sintetizar una vacuna contra el virus de la diarrea porcina a partir de plantas de maíz. Después de ese ensayo el agricultor hizo una plantación de soja sin cumplir los protocolos habituales de limpieza del campo. Algunas semillas de maíz procedentes del ensayo crecieron junto con la soja y fueron cosechadas. Al detectarse la presencia de semillas de maíz entre la cosecha de soja, la totalidad de la cosecha que había estado en contacto con esas semillas fue destruida.

Eso es todo. Investigando mucho solo he encontrado estos tres casos, que no han producido ningún problema de salud y de medio ambiente, solo contravenían la legalidad y les costaron una fortuna a las compañías responsables.

#### NUEVO ARGUMENTO *BOOMERANG*: LOS TRANSGÉNICOS BENEFICIOSOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

De la misma forma que en el capítulo anterior hemos visto que los miedos sobre los supuestos peligros para la salud de los OGM están infundados y al contrario, pueden ser beneficiosos, también podemos de forma análoga hablar de beneficios concretos que determinados OGM producen en el medio ambiente. Quiero insistir en la idea de que en la mayoría de los casos no se puede hablar de propiedades de los transgénicos en general. Cada uno es diferente y tiene unas propiedades diferentes.

Para empezar, hay transgénicos diseñados específicamente para limpiar suelos contaminados o para limpiar los efectos de la actividad minera o industrial, que ya he explicado en el apartado de aplicaciones. Por lo tanto, la tecnología transgénica es una herramienta más que puede ser beneficiosa para el medio ambiente. Vamos a ponerlo más difícil. Transgénicos que ya están en uso, que no han sido diseñados expresamente para tener un efecto sobre el medio ambiente pero que pueden tener un efecto beneficioso. Por ejemplo, vayamos al caso de los cultivos Bt, los que expresan la proteína Cry de *Bacillus thuringiensis* que les confiere tolerancia a diferentes insectos. Un agricultor puede decidir sembrar una variedad transgénica Bt si es resistente a alguna de las plagas típicas de su zona (si no, es una tontería y una pérdida de

tiempo y dinero). De hecho, en España se siembran principalmente en la cuenca del Ebro y en la del Guadalquivir porque son las zonas con más taladro. En la cornisa cantábrica no hay maíz OGM porque por cuestiones climáticas no tiene apenas problemas con esta plaga. En un campo sembrado con un transgénico Bt no es necesario un tratamiento con insecticida. ¿Cuál es la diferencia con el agricultor que no siembra Bt? Pues que no pone insecticida, por lo que no solo ahorra dinero, también los costes ambientales derivados de la fabricación y la pulverización. De momento ya tenemos un efecto beneficioso para el medio ambiente: ahorras emisiones de gases de efecto invernadero. Este ahorro de plaguicidas también es indirectamente beneficioso para la salud. Uno de los mayores problemas, principalmente en países en desarrollo, es el manejo de los productos químicos utilizados en agricultura. Esta manipulación y aplicación se hace muchas veces por parte de gente que no ha recibido la formación adecuada ni aplica las medidas de seguridad más elementales, de lo que se derivan muchísimos problemas de salud y de contaminación ambiental. Un estudio reciente señalaba que con la popularización de los transgénicos, los problemas de salud pública derivados del uso de pesticidas en zonas rurales de China han disminuido notablemente.<sup>5</sup>

Algunas ventajas han sido bastante inesperadas y solo las hemos sabido apreciar después de estudiar muy de cerca los campos experimentales, esos que algunos ecologistas concienciados se empeñan en destruir. Para empezar, el efecto halo. La plaga empieza cuando el insecto pone sus huevos encima de la planta. Cuando eclosionan, las larvas empiezan a alimentarse de la planta. Si la planta es Bt las larvas se mueren al primer mordisco. Si la planta no fuera Bt las larvas empezarían a comer y a diseminarse por las plantas vecinas y hasta que sus efectos no fueran visibles lo más normal es que el agricultor no se diese cuenta del problema y no aplicase el insecticida. El vecino de un campo Bt se beneficiará de este control de natalidad, ya que el halo de los insectos que vendrían del campo vecino no le va a afectar porque se han muerto antes de poder empezar a invadir otras plantas. Esto implica que baje la población en general, con lo que la plaga será menor. El

efecto halo está muy estudiado y demuestra que la coexistencia entre cultivos transgénicos y no transgénicos no solo no es problemática, sino que puede ser beneficiosa para el vecino que no siembra OGM.

Hay otras ventajas medioambientales de los cultivos resistentes a insectos. Al no utilizar insecticida indiscriminadamente no hay efecto sobre otros insectos que están presentes pero que no atacan al cultivo. Por ejemplo, los insectos que comen otros insectos no muerden la hoja y no se intoxican, o incluso los insectos que prefieren las malas hierbas que crecen en el campo. Cuando usas el insecticida te cargas a los que se alimentan del cultivo y a los que no. La ventaja añadida es que los insectos carnívoros que no has matado porque no has utilizado insecticida sirven de control biológico, ya que continúan alimentándose de los insectos problemáticos, y lo mismo ocurre con los insectos que prefieren la mala hierba al cultivo. La planta transgénica solo se carga selectivamente a los bichos perjudiciales y no afecta al resto de la biodiversidad, que puede tener un efecto beneficioso. Este efecto se ha visto especialmente en los campos de algodón Bt. Y conviene insistir que la proteína Bt procede del *Bacillus thuringiensis*, que de forma natural se encuentra en el suelo. El uso de *Bacillus thuringiensis* enteros y de otros organismos como baculovirus está autorizado como insecticida en agricultura ecológica. Aquí el beneficio ambiental es notablemente menor, puesto que al esparcirlo indiscriminadamente afecta tanto a insectos herbívoros como a carnívoros y puede afectar a polinizadores o insectos beneficiosos. Es bastante mejor que solo se utilice la proteína que tiene efecto y que únicamente esté en la planta que queremos proteger para que afecte solo a insectos dañinos y respete al resto. De hecho, el espinosad, otro insecticida de origen natural utilizado en la agricultura ecológica, es terriblemente tóxico para las abejas. Por lo tanto, ¿cuál es el problema ambiental en utilizar transgénicos? Al contrario, puede ser la solución. De hecho, lo más beneficioso para el medio ambiente es sacar el máximo rendimiento agrícola del suelo disponible, ya que así evitas utilizar más suelo que debes robar a la naturaleza. Por lo tanto, lo peor para el medio ambiente no es utilizar transgénicos, sino utilizar métodos de producción poco eficientes, por muy ecológicos que se quieran hacer llamar.

En conclusión, los miedos a problemas ambientales debidos a los OGM no están justificados. Si realmente te preocupa el efecto de organismos extraños en un ecosistema vigila a tu gato, y si quieres conservar los espacios naturales no siembres ecológico, que derrocha el suelo.

## CAPÍTULO 7

# TRANSGÉNICO RICO, TRANSGÉNICO POBRE. ASPECTOS SOCIALES DE LA TECNOLOGÍA

En los casi veinte años que llevo trabajando con el tema de los transgénicos he notado que hay un cambio en los argumentos. Los científicos no nos hemos movido del discurso inicial sobre su seguridad y beneficios, al contrario, cada vez tenemos más argumentos a favor; sin embargo, los grupos anti OGM han tenido que ir cambiando. Antiguamente el peligro de los transgénicos es que nos iban a envenenar a todos o que se iban a cargar el medio ambiente. Con el tiempo, la mayoría de las organizaciones ecologistas han tenido que cambiar o moderar este discurso, porque sus argumentos cada vez tienen menos fuerza dado que las catástrofes que llevan años vaticinando no llegan. Veo más probable el fin del mundo anunciado por los testigos de Jehová que el apocalipsis OGM. No obstante, el mensaje se ha ido adaptando a las nuevas condiciones. En los últimos años, la tendencia es a decir que el problema con los transgénicos no es tanto de salud y medio ambiente como que fomentan los desequilibrios sociales y la brecha entre ricos y pobres. Puede parecer un argumento sólido, pero peca de lo mismo que la mayoría de los argumentos en contra de los OGM: analizado en profundidad, se ve claramente que cualquier parecido con la realidad es pura coincidencia y fácilmente puede volverse en contra del que lo utiliza.

LA TECNOLOGÍA DISMINUYE LA BRECHA SOCIAL, NO LA AUMENTA

Razonamiento sencillo. Aparece una nueva tecnología que permite hacer un trabajo de forma más fácil. Esa nueva tecnología es cara, y por lo tanto solo la gente de elevado poder adquisitivo tiene acceso a ella. Esto hace que los ricos tengan más facilidades que los pobres. El razonamiento parece válido y es el que se aplica a los OGM, aunque ¿es cierto? Analicemos en detalle. Es evidente que un coche de alta gama o un móvil de ultimísima generación no son accesibles para la mayoría de los mortales, entre los que me incluyo, pero ¿hay medios de locomoción o de comunicación inalámbrica accesibles para gente con escasos recursos? ¿Hoy por hoy tener un móvil es un lujo? Muchas tecnologías a las que se les ha aplicado este razonamiento de aumentar la brecha han acabado produciendo exactamente el efecto contrario. Es recomendable un artículo publicado en el periódico *El País* el 8 de diciembre de 1990 y firmado por Xavier Mulet Baixauli<sup>1</sup> (no es familiar mío) titulado «Informática social». La entradilla no puede ser más elocuente: «Describe el autor la opinión generalizada de que la informática es algo útil solo para las grandes corporaciones, sin aportar beneficios claros para el conjunto de la sociedad. Para el articulista, la informática puede realizar grandes aportaciones al bienestar social. Para ello, desarrolla un ejemplo: la tarjeta sanitaria».

¿Os suena el argumento? ¿La informática ha aumentado las desigualdades o las ha disminuido? Los que utilizáis un ordenador, ¿estáis a sueldo de alguna gran corporación? El artículo fue escrito hace veintiséis años. En ese momento se estaba procediendo a la implantación de los ordenadores en todos los ámbitos. Determinados grupos habían expresado su oposición diciendo que el uso de ordenadores sería catastrófico y que aumentaría el paro porque iban a quitar puestos de trabajo. ¿Alguien se imagina tener que pedir un certificado de la Seguridad Social de forma presencial y que te lo tenga que escribir a máquina un funcionario? Pues eso pasaba hace veintiséis años. Curiosamente ahora hay ONG que defienden el empoderamiento de los países en vías de desarrollo y que se dedican a llevar ordenadores y material informático. El lobo tecnológico ha pasado a ser Caperucita. El tiempo da y quita razones. ¿Dónde están ahora los que clamaban contra el uso de ordenadores alegando que solo benefician a las

grandes corporaciones? Posiblemente escribiendo cosas malas sobre los OGM en alguna red social o amenazas en un blog desde el ordenador que tienen en casa.

Vayamos al caso de los OGM. ¿Realmente aumentan las desigualdades? Las semillas OGM suelen ser más caras que las convencionales, de la misma manera que un *smartphone* es más caro que un móvil que solo sirva para hablar o enviar SMS. Sin embargo, los agricultores siguen comprándolas, ¿por qué? ¿Les obligan? ¿Son tontos? Cuando un producto no funciona, o no le gusta al público, ya puede haber detrás una campaña fuerte de publicidad, una multinacional importante o la virgen de Lourdes, que si el producto no le gusta al consumidor desaparece. Por ejemplo: ¿alguien se acuerda de la Nocilla de fresa o la Coca-Cola de cereza? ¿Y de las paneras metálicas que se ponían encima de las neveras? De hecho, incluso existe una paradoja antitransgénica. Una vez, en una charla medio formal, había un ecologista diciendo que los transgénicos eran malos porque no tenían sabor, tenían menos nutrientes, causaban enfermedades, eran caros, no aumentaban la producción y convertían a los agricultores en esclavos de las grandes multinacionales. La deducción inmediata sería: ¿y entonces por qué te preocupan los transgénicos? Un producto así no puede triunfar nunca porque todo son inconvenientes, así que una de dos: o lo que dicen los ecologistas no es cierto o la lucha antitransgénica es una pérdida de tiempo porque los OGM desaparecerán solos. Resulta que los transgénicos siguen aumentando la superficie sembrada y el número de variedades crece año tras año. Digo yo que algo tendrá el agua cuando la bendicen.

Vamos a ver si encontramos el agua bendita o, dicho de otra forma, por qué los OGM han triunfado. En octubre de 2016 el *New York Times* publicó un artículo que pretendía alertar del fracaso de los OGM.<sup>2</sup> Según el articulista, el rendimiento de la producción de cereales y el descenso del uso de pesticidas comparando Europa (que apenas utiliza OGM) con Estados Unidos y Canadá (donde casi todo es OGM) apenas había variado. Conclusión, los OGM no funcionan. La crítica no es nueva. En 2015 un informe del gobierno de Aragón manifestaba que el rendimiento del maíz OGM (MON810, resistente a insectos) era el mismo que el del convencional. Esto fue aprovechado por diferentes grupos ecologistas y políticos como el

argumento definitivo. Sin ir más lejos, la diputada regional por Aragón de Izquierda Unida Patricia Luquín lo dijo en un programa de *Equipo de Investigación* de La Sexta dedicado a los transgénicos, aunque todo sea dicho, también tiró del argumentario habitual, como mencionar el principio de precaución y decir que hay estudios que hablan de problemas para la salud. Si realmente es un fracaso, ¿por qué se siguen comprando? No tiene sentido gastarse dinero en algo que no funciona. Analicemos estas afirmaciones. Ahora mismo no hay ningún OGM en el mercado cuya mejora sea «mayor rendimiento». El rendimiento final de un cultivo depende de muchos factores y todavía no hemos encontrado el gen mágico que nos permita introducirlo en un cultivo y hacer que aumente... Por lo tanto, decir que los transgénicos no funcionan porque no dan más rendimiento es una falacia. A nadie le han vendido una semilla OGM y le han dicho que en condiciones normales tiene más rendimiento que la no OGM. En un OGM que sea resistente a insectos te ahorras el insecticida, por lo tanto el coste de producción es menor y el beneficio para el agricultor mayor. En un OGM que es resistente a herbicida puedes hacer siembra directa y te ahorras el laboreo, y así caso por caso.

El estudio de *The New York Times* ya ha sido desmontado. Para empezar, que yo sepa *The New York Times* es un periódico, no una revista científica, que es donde debería haberse publicado si fuera algo para tomarse en serio. Además, está comparando peras con manzanas durante todo el artículo. En América no hay problema de suelo y el maíz es de secano. En Europa las explotaciones son menores, por lo que se riegan y fertilizan más, ya que al haber menos suelo hay que aprovecharlo más. El estudio solo habla de pesticidas en general, pero no analiza qué tipo de pesticida se utiliza en cada país, y habla de tendencias, no de cantidades por hectárea. Por lo tanto, no parece que se pueda sacar ninguna información relevante, como se ha señalado desde diferentes fuentes. Si tengo que elegir una, me quedo con el artículo de Andrew Kniss, cuyo elocuente título es «El cansino debate de las expectativas iniciales».<sup>3</sup> Más contundente ha sido la respuesta de Terry Wanzek desde la web *Global Farmer Network*, que empieza diciendo «si yo no le digo a *The New York Times* como tiene que escribir un artículo, no

tienen por qué decirme qué debo sembrar en mi granja», y luego desmonta desde el punto de vista de un agricultor todos los argumentos y explica por qué él utiliza OGM.<sup>4</sup>

Volvemos a España, y al informe que señala que el maíz OGM no produce más que el convencional. Las cifras de producción salen todos los años, pero esto solo llega a la prensa un año en concreto, un año donde no ha habido demasiado taladro, que es la principal plaga a la que el maíz MON810 es resistente. En los años en los que el taladro ataca con ganas a pesar del insecticida se pierde parte de la cosecha, por lo que el rendimiento del transgénico sí que es mayor. De hecho, si situamos en un mapa de España los lugares de siembra del maíz OGM vemos que coinciden con las zonas de mayor incidencia de taladro. El maíz se siembra en el valle del Ebro y en zonas de Andalucía y Castilla-La Mancha. Pero no se siembra en la cornisa cantábrica ni en Galicia, ¿por qué? Porque en esas zonas no hay taladro y sería inútil. En algunas zonas de Castilla-La Mancha la siembra fluctúa mucho en función de cómo evolucionen las poblaciones de insecto. Lo mismo podría decirse del anuncio hecho por Greenpeace en 2015 de que la siembra de maíz OGM había descendido y que era el principio del fin. Y es que Greenpeace lleva anunciando el fin de los OGM desde hace veinte años. El detalle es que el precio del maíz está por los suelos y a muchos agricultores no les sale rentable el cultivo, lo que provoca que haya disminuido el área de maíz sembrado en España y a nivel global. El porcentaje de maíz OGM en España sigue siendo el mismo, situándose en el 30 por ciento del total aproximadamente. En 2016 la siembra de maíz OGM ha vuelto a subir, pero Greenpeace no ha dicho nada.

Por lo tanto, no parece que los agricultores que siembran OGM sean estúpidos o que les estén timando, como apuntan estos «estudios», que, por cierto, no han superado una revisión por pares. ¿Hay estudios serios sobre el tema? Pues sí, aunque ni en Izquierda Unida, en Greenpeace o en *The New York Times* parecen haberse enterado. En 2014, Wilhelm Klümper y Martin Qaim, del departamento de economía agrícola y desarrollo rural de la Universidad de Gotingen (Alemania), un país poco sospechoso de simpatías hacia los OGM, publicaron un meta análisis en el que revisaban todo lo que se había publicado sobre el tema en los últimos años, analizando más de 147

estudios. Los datos indicaron que de media el uso de cultivos OGM ha reducido el uso de pesticidas en un 37 por ciento, incrementando la productividad agrícola en un 20 por ciento y aumentando el beneficio del agricultor en un 68 por ciento. Los incrementos de producción y reducción en pesticidas son mayores para cultivos resistentes a insectos que para cultivos tolerantes a herbicidas.<sup>5</sup>

¿Y qué ha pasado en España? En 2016 se publicó un informe de Francisco Areal, profesor de economía agraria de la Universidad de Reading, en el que trataba de cuantificar el impacto económico del cultivo de maíz Bt en España. Según cita: «El cultivo de maíz Bt ha permitido en los últimos dieciocho años una producción extra de un total de 1.093.868 toneladas. Para conseguir esta producción a través de cultivos convencionales habría sido necesario incrementar la superficie de cultivo en 106.775 hectáreas. Esto habría tenido un gasto de agua agregado de 615.778 miles de metros cúbicos. Esta cantidad de agua equivale a abastecer durante un año a 746.000 habitantes, el equivalente a las ciudades de Lérida, Tarragona y Badajoz». Y si lo cuantificamos en euros: 193 millones de euros. Eso es lo que se ha ahorrado España en importaciones de maíz desde 1998.<sup>6</sup>

En definitiva, tenemos que algunos medios de comunicación se han hecho eco de informes que hablan de fracaso. También existen artículos científicos e informes que hablan de éxito, a pesar de que no han tenido relevancia mediática. ¿Y qué está pasando? La realidad es tozuda y tiene la costumbre de echar por los suelos las previsiones catastrofistas que no son ciertas. Cuando uno mira las cifras de siembra de OGM resulta que en estos últimos veinte años no han hecho más que subir, y muy rápido. Solo ha habido un ligero frenazo entre 2014 y 2015 debido al desplome del precio del maíz. ¿Y han aumentado las desigualdades? El estudio de Klümper y Qaim señala que a nivel global se siembra más en países en vías de desarrollo que en países desarrollados y que el grupo que más ha optado ha sido el de los minifundistas, es decir, los pequeños y medianos propietarios. Cuando alguien tiene mucho suelo es fácil rentabilizar el terreno. El problema viene cuando tienes poco y tienes que apurar al máximo para poder vivir. Por eso los OGM han triunfado principalmente entre pequeños y medianos propietarios de países en vías de desarrollo.

Hay otro factor que no se tiene en cuenta: la eficiencia también es ahorro. Tradicionalmente tenemos interiorizado que algo más caro es mejor, pero no tiene por qué ser necesariamente cierto. En el caso concreto de la agricultura, si tú no gestionas bien los recursos y la producción cae en picado te ves obligado a vender el producto más caro o te mueres de hambre. Ejemplo práctico. Compara el precio de un tomate convencional y un tomate ecológico: el ecológico será más caro, pero no necesariamente será mejor. Los métodos de producción ecológicos son menos eficaces, cae la producción y esto se nota en el precio final del producto. Estás pagando la poca eficiencia, no la calidad. Volvamos a los OGM. Asumamos que lo que dicen los estudios catastrofistas es cierto y un OGM no representa ninguna ventaja frente al cultivo convencional. Dado que la semilla es más cara, eso supondría que el producto final también será más caro. Otra bofetada de realidad para los que auguran el fracaso de los transgénicos: el maíz OGM es más barato que el convencional y no está subvencionado específicamente por ser transgénico. Si la producción no fuera más eficiente, no se podría dar esta bajada de precio. De hecho hay varios estudios que señalan que gracias a los cereales OGM se han podido mantener bajos los precios de los productos alimentarios básicos.<sup>7</sup>

Una de las leyendas urbanas que se han propagado es que en la India los agricultores se suicidan por culpa de que no pueden pagar las deudas contraídas por el coste de las semillas. No es cierto. La mejor prueba es que la India es el mayor productor mundial de algodón OGM. Se produjo una ola de suicidios entre los agricultores antes de que entraran los OGM debido a una agresiva política de expropiaciones por parte del gobierno para favorecer a la industria. Utilizar este argumento no deja de ser un uso interesado de una desgracia ajena. Hace tiempo que los sindicatos agrarios franceses llevan denunciando un problema de suicidios entre los agricultores franceses. Como en Francia no se siembra OGM, a nadie le interesa este problema.<sup>8</sup>

PATENTAR LA VIDA

Uno de los aspectos que más controversia despierta en el tema de los OGM es el hecho de que están patentados. Alrededor de esto se han vertido ríos de tinta y dado múltiples argumentos, pero como suele pasar en este tema, los que se referían a los OGM no eran ciertos, y los que eran ciertos no se referían a los OGM sino que pueden aplicarse a la agricultura en general. Lo primero que habría que plantearse es: ¿es lícito patentar algo? Bueno, ¿qué pasaba antes de que existieran las patentes? Cuando no existían las patentes, un invento se propagaba de manera gratuita a pesar de ser inventado por una única persona, que a veces había invertido años de trabajo y esfuerzos en ese invento, por lo tanto se perdía un incentivo. Si la persona era más precavida, lo que hacía era no desvelar el método que había inventado y mantenerlo en secreto. El problema en este caso era que muchas veces el secreto se iba a la tumba con el inventor o la inventora, y había que esperar a que alguien lo volviera a descubrir. Y así la ciencia avanza muy lenta y la sociedad no se beneficia. Un ejemplo es el del inventor de los fórceps, Peter Chamberlen, que mantuvo el secreto en manos de su familia durante tres generaciones (casi cien años), obligando a las parturientas a vendarse los ojos. Si lo hubiera patentado y lo hubiese vendido cobrando *royalties* y luego se hubiera liberado, se habría salvado la vida de miles de bebés. Una patente, en general, garantiza que tienes un periodo de explotación de tu invento y que una vez pasa este periodo el invento pasa a ser de disposición pública. Quizá no sea el mejor sistema, pero seguro que es de los menos malos.

Ahora vamos al meollo: ¿es lícito patentar la vida? Vayamos poco a poco. Hablar de derechos intelectuales o de propiedad sobre especies naturales no es nada nuevo. El gusano de seda era un animal cuya salida de China estaba prohibida, hasta que dos monjes bizantinos robaron unos capullos e iniciaron la industria de la seda en Europa. Las semillas de caucho de Brasil fueron sacadas de forma ilegal por el británico sir Henry Wickham, lo que propició el cultivo en el sudeste asiático y hundió la producción brasileña. El control de la producción de caucho, indispensable para la industria automovilística, fue uno de los motivos económicos subyacentes a la guerra del Vietnam. Incluso más lejos todavía, la primera burbuja económica, antes del crac de Wall Street de 1929 o del castizo ladrillazo y las tarjetas *black*, fue en el siglo XVII en Holanda y el objeto que disparó su valor

fueron los bulbos de tulipán. Lo de vender semillas tampoco es algo del siglo XXI. La empresa más antigua, Vilmorin, se fundó a finales del siglo XVIII y sigue activa en la actualidad. Por lo tanto, no parece que el debate nazca ahora.

¿Y por qué se patentan los transgénicos y los otros no? Esto no es del todo cierto. Para empezar, una especie cultivada no es una especie que se ha sacado de la naturaleza: alguien la ha creado. Crear una especie o variedad nueva por la técnica que sea, transgénica o no, requiere un esfuerzo económico e intelectual considerable. Hasta los años sesenta el control de la propiedad era bastante laxo, lo que incidía en que no hubiera demasiado interés. Sin embargo, a partir de esta fecha las variedades (insisto, no transgénicas) se registran, dejan de ser de libre disposición. Así que, primera sorpresa, las semillas no OGM también están registradas y tienen propietario. Por ejemplo, el tomate Kumato pertenece a Syngenta. Ahora mismo, hay un juicio donde se piden indemnizaciones millonarias por la variedad de mandarina Nadorcott, que pertenece a la familia real marroquí y que en Valencia se propagó sin permiso.<sup>9</sup> Ninguna de estas es transgénica. Habría que decir que la legislación de propiedad intelectual en el tema de los OGM es más complicada. Lo que se patenta no son los genes, o la vida, como a algunos les gusta decir, sino el evento, es decir, el gen que has metido y el uso que le vas a dar. Por ejemplo, Monsanto tiene la patente sobre el evento MON810, que está licenciada a otras empresas de semillas y metida en diferentes variedades de maíz, por lo que ahora hay varias compañías de semillas que están vendiendo maíz resistente a insectos en España con el evento MON810. Según la mayoría de las legislaciones, no está permitido patentar algo que ya exista en la naturaleza o variedades que ya estén en uso, algo que se ha hecho para limitar la biopiratería o el expolio de recursos naturales de determinados países. Así que la vida sigue siendo un bien de libre distribución que no se patenta. Disfrútala y compártela con tus seres queridos (al final me saldrá un libro de autoayuda).

Dentro del mundillo ecológico existe algo llamado red de intercambio de semillas que propugna la libre circulación de semillas y el intercambio entre los agricultores de variedades tradicionales. Esta práctica no es nada recomendable debido a los problemas de sanidad vegetal que puede ocasionar propagar semillas sin ningún tipo de control. Intercambiar semillas sin garantía sanitaria es como practicar la promiscuidad sexual sin preservativo. Otro problema es que lo que ellos consideran una variedad tradicional o una semilla libre no necesariamente lo es. Un ejecutivo de una empresa de semillas holandesa me contó una historia divertida. Su empresa (multinacional) se declaró antitransgénicos y no apoya el uso de esta tecnología, lo que le supone ganarse simpatías en el ambiente agroecológico. Una vez acudieron como invitados a una feria de intercambio de semillas..., para descubrir que la mayoría de las semillas que se estaban intercambiando como de «variedades tradicionales» eran en realidad semillas que ellos tenían registradas y que de tradicional no tenían ni el nombre. Se les quedó la misma cara que si invitan a alguien de la SGAE al congreso anual de *top manta*.

Por cierto, ¿están siendo justos los que protestan sobre la propiedad intelectual de las semillas? Sacar al mercado una nueva variedad transgénica es muy caro y requiere años de esfuerzos e investigación. La empresa o institución propietaria solo podrá explotarlo durante veinte años desde la fecha de solicitud de la patente, que a veces es un periodo muy corto desde que salió al mercado. Por establecer una comparación, los derechos de una canción duran hasta setenta años después de la muerte del artista. Sorprendente que para denunciar que las semillas están patentadas se escriban canciones como *Semillas* o *The Monsanto Years*, que devengan derechos de autor. ¿Es más importante el trabajo de un músico que el de un científico o el de un ingeniero agrónomo? Si quieren que las semillas sean gratis, lo mejor sería predicar con el ejemplo y dejar que su música se descargue gratuitamente y hacer los conciertos sin cobrar entrada.

## MONSANTO SEGÚN LOS ANTITRANSGÉNICOS

Cuando uno piensa en transgénicos lo primero que le viene a la cabeza es Monsanto, una empresa que parece que sea la propia encarnación del mal. De hecho en muchos foros es considerada como el monopolio de los transgénicos. Cualquier guionista sabe que para construir una historia necesitas un buen malo. Uno de los éxitos comunicativos de las organizaciones ecologistas es haber sabido construir el malo carismático que necesitaban para vender su historia sobre la maldad de los OGM. El problema es que es solo eso, una historia, de ficción en su mayor parte.

Las historias están muy bien para el cine, pero en la vida real las cosas no son blancas ni negras, ni los buenos tan buenos ni los malos tan malos. El color gris abunda. Estoy seguro de que mucha gente piensa que todos los transgénicos que existen en el mundo son propiedad de Monsanto y que los explota como monopolio... Nada más lejos de la realidad. La visión simplista de transgénicos = Monsanto = patentes es absolutamente falsa, un mensaje construido para vender una historia.

Cuando el cura y el barbero montan la hoguera para quemar todos los libros de caballería de Alonso Quijano, alias *El Quijote*, solo salvan dos. *Tirant lo Blanch* por ser un libro donde los caballeros sangran, sufren y mueren, y *Amadís de Gaula* por ser el primero. Monsanto ha recibido todos los palos por ser la primera empresa que tuvo transgénicos en el mercado. Si el primer OGM lo hubiera lanzado Doofenshmirtz Evil Inc., hoy encontrarías vídeos en internet del estilo *El mundo según Doofenshmirtz*. Por cierto, muchas veces los enemigos te hacen más grande de lo que realmente eres: Monsanto es la principal empresa del mundo en semillas OGM, pero ni mucho menos es la más grande a nivel de agroquímicos, donde es la cuarta o la quinta.

Gran parte de la mala fama de Monsanto procede del hecho de que en el ámbito de los transgénicos impera la *falacia ad youtubium*, que vendría a decir «me dan igual los argumentos que utilices, yo he visto un vídeo en YouTube».<sup>10</sup> La plataforma de vídeos ha sustituido al cuñado como máxima fuente de autoridad y conocimiento en cualquier tema. Y por internet abundan los vídeos conspiranoicos sobre Monsanto, el más conocido *El*

*mundo según Monsanto*, que se ha convertido en una especie de videobiblia ecologista. El único problema es que, para empezar, la mayoría de las afirmaciones que realiza son falsas. Pero esto no parece importarle a nadie. Monsanto fue fundada en Saint Louis, Missouri, por John Francis Queeny, que como era representante de la empresa de productos químicos Merck y no quería dar pistas de su doble ocupación le puso el nombre de soltera de su esposa, la aristócrata española Olga Monsanto. El primer producto que sacó al mercado fue la sacarina, de la que ya hablé en *Comer sin miedo*. Entre las muchas acusaciones que se han hecho a Monsanto figura la de ser responsable de la fabricación del agente naranja y haber causado estragos entre la población civil de Vietnam durante la guerra. Olvidan un detalle. El agente naranja es un análogo de una hormona vegetal, la auxina, que cuando entra en contacto con las plantas provoca la caída de las hojas, por lo que técnicamente no es un herbicida sino un defoliante que se utilizaba para clarear la selva. Todos los problemas que dio a la población civil no fueron por la molécula en sí, sino porque, al igual que pasó con el triptófano, en el protocolo de purificación, por motivos de la premura y la demanda, se arrastraron impurezas muy tóxicas que causaron los problemas.<sup>11</sup>

La realidad es que Monsanto, con sus aciertos o sus errores, es solo una empresa que entre otras cosas vende semillas transgénicas. Pero en su cartera tiene otros productos como semillas no OGM, fitosanitarios, etc. Y no olvidemos que el tema del registro de variedades es complicado, y si no lo conoces bien es fácil meter la pata. En 2013 Greenpeace vendía en su página web semillas ecológicas, que vienen a ser como las no ecológicas pero tres veces más caras (el sobreprecio es porque se supone que se han producido de forma ecológica, léase poco eficiente). Entre las semillas que vendían había una de guisantes de la variedad Rondo, cuyo mantenedor había sido Monsanto, así que Greenpeace estaba distribuyendo productos relacionados con esta empresa.<sup>12</sup> Monsanto, como otras muchas compañías, también vende semillas ecológicas, dado que el sello ecológico hace referencia al método de producción, no al fondo genético de la semilla; así que las semillas registradas, mientras no sean OGM, pueden ser ecológicas... También las de Monsanto.

Supongo que una crítica legítima que se le puede hacer a Monsanto, como a muchas grandes multinacionales, es su política agresiva de comprar otras compañías y que a veces no son respetuosos con los trabajadores de las empresas compradas, como en su momento pasó con Agracetus, entre otras muchas. Pero en todas partes cantan rancheras. En 2013, ante su disminución de ingresos, Greenpeace realizó un ERE y despidió al 12 por ciento de su plantilla.<sup>13</sup> Quizá Monsanto ahora sufra en sus carnes este mismo efecto, porque en 2016 fue comprada por Bayer, lo que desató todo tipo de teorías conspiranoicas. Meses antes, la fusión de dos transatlánticos de la agroquímica como Dow Agrosiences y Dupont, o la compra de Syngenta por parte del gobierno de China, apenas tuvieron atención mediática, aunque el volumen de estas operaciones, así como el impacto en el panorama de los OGM, es comparable, sino superior, al de la compra de Monsanto por Bayer. Si no aparece el nombre de Monsanto le falta gancho a la noticia. Hace poco organizaron un encuentro en La Haya que llamaron «Juicio contra Monsanto», un teatrillo donde hablaban de lo malos que son los OGM. ¿Se entiende ahora lo del malo construido para vender una historia?

Otra de las críticas habituales es que las semillas están en manos de grandes empresas y que es muy peligroso que algo tan importante como la alimentación lo gestionen unos pocos. Bueno, de acuerdo, pero ¿por qué la alimentación y no los sistemas operativos informáticos? Todo el mundo utiliza ordenadores y si estos se concentran en muy pocas manos estaremos a merced de lo que quieran hacernos. ¿Y las bebidas de cola? ¿En cuántas empresas está concentrado el mercado? Hoy por hoy la biotecnología agraria es un mercado mucho más abierto que el de los sistemas operativos, las bebidas de cola o, por poner otro ejemplo, el del acceso a internet en España. Dicho esto, parte de la culpa de la concentración en pocas empresas es de los grupos ecologistas. Esto puede sonar provocador, pero es cierto. La presión de los grupos anti OGM sobre las autoridades ha hecho que el proceso para autorizar un OGM sea cada vez más largo y costoso, y esto quiere decir muy caro. El salmón transgénico o la patata Amflora de BASF necesitaron doce años de permisos y autorizaciones antes de salir al mercado. Una gran multinacional puede asumir el coste, en cambio una compañía pequeña no puede permitirse pagar el costo de una autorización, por lo que no puede

aspirar a sacar un producto al mercado. Esta presión ha propiciado que unas empresas se compren a otras y que prácticamente ya no queden compañías pequeñas. Si miramos las primeras variedades OGM, encontramos empresas como Calgene, Aventis, Agracetus, Delta and Pine Land Company, etc. Todas sin excepción han sido compradas por otras grandes empresas. Toda esta presión, principalmente en Europa, ha tenido un desagradable efecto secundario para los científicos: en Europa se autorizaron una serie de OGM para siembra muy al principio, pero luego vino el cierre, y en casi veinte años solo se ha conseguido una nueva autorización para sembrar, la de la patata Amflora, que costó más de diez años. Cuando finalmente se consiguió, Alemania se sacó de la manga nuevas (y aberrantes) regulaciones, por lo que BASF decidió retirar la patata. Pero no solo eso. En enero de 2013, BASF cerró su línea de investigación en biotecnología vegetal y la desplazó a Estados Unidos, paralizando con ello todos los proyectos de investigación destinados al mercado europeo. Esto supuso la pérdida de 140 puestos de trabajo altamente cualificados en Europa y el traslado de otros 123 a Estados Unidos. El resultado fue que una compañía europea está ahora mismo desarrollando productos para hacer más fácil la vida de los agricultores americanos y asiáticos y las necesidades específicas de los agricultores europeos no van a ser investigadas. Nadie garantiza que en caso de tener éxito pueda salir al mercado, así que ¿qué interés puede haber en invertir en algo que nunca se podrá comercializar? Otras compañías como Monsanto ya cerraron sus centros de investigación y desarrollo en Europa. Los ensayos de campo también se llevan fuera de Europa ante el riesgo de ataques, por lo que se pierden oportunidades de trabajo y una investigación que podría hacerse aquí se traslada fuera. Por lo tanto, cuando oigamos a los políticos y agricultores quejarse de que el campo europeo ha perdido competitividad, pensemos en lo que supone la renuncia a la tecnología.

El efecto secundario es que renunciar a los OGM aumenta más las desigualdades que utilizarlos. Con decisiones como vetar los OGM, pero eso sí, importarlos de terceros países, lo único que conseguiremos es que en el futuro el campo europeo se convierta en una especie de Disneylandia agraria, un parque temático para que los urbanitas ricos puedan hacer turismo rural, pero incapaz de alimentar a los europeos. No en vano, la mayoría de las

iniciativas agroecológicas están más interesadas en el turismo rural que en la agricultura en sí. Los datos de un informe llevado a cabo por la Unión Europea y coordinado por la Universidad Politécnica de Valencia no pueden ser más desalentadores: el campo europeo está perdiendo competitividad y cada vez es más dependiente de las importaciones.<sup>14</sup> Un ejemplo práctico: entra en cualquier supermercado y a ver si puedes encontrar lentejas, garbanzos o espárragos hechos en España o en Europa. Si los encuentras mira a qué precio. Buena suerte.

Lo más duro es que en Europa estamos invirtiendo una millonada en la promoción de la agricultura, pero se hace sin criterio y sin hacer caso a los científicos. Solo así se justifica lo que nos cuesta promocionar la agricultura ecológica para que las cifras de producción y consumo sigan siendo mínimas y reducidas a un sector de la población con elevado poder adquisitivo. La agricultura ecológica no triunfará mientras sea cara. Otro artículo reciente del grupo de Paul Christou y Teresa Capell alertaba del fracaso de la política agraria común, que ha conseguido exactamente lo contrario de sus objetivos. La política europea de bloquear a los OGM mientras Asia y Estados Unidos apuestan decididamente por ellos está trayendo nefastas consecuencias para el campo y para nuestra soberanía alimentaria.<sup>15</sup>

Y a nivel social, la postura europea es tremendamente egoísta. Un reciente estudio lo señala claramente. Con la actitud de no sembrar OGM e importarlos del resto del mundo lo único que consigue Europa es delegar su propia responsabilidad frente a la seguridad alimentaria y el suministro de alimento en terceros países y de esta forma nunca alcanzará el objetivo de seguridad alimentaria expresado por la FAO en 2009.<sup>16</sup> La apuesta de prohibir los OGM y potenciar la agroecología de Europa solo se sostiene porque el resto del mundo está produciendo para que nosotros le compremos. Para entendernos, a nivel de alimentación la posición de Europa es como cuando te ibas de acampada y venía uno con una guitarra. Ya sabías que se iba a pasar todo el tiempo debajo de un pino con la guitarrita, pero ni montaba una tienda, ni cocinaba, ni fregaba un plato. Mientras Europa toca la guitarra con la alimentación ecológica, el resto del mundo produce alimentos. De hecho, gracias a la actual política europea anti OGM, Europa ha perdido la delantera en una tecnología que era originalmente europea.

Esta política anti OGM ha tenido episodios vergonzosos, como cuando el presidente de la Comisión Europea, Jean-Claude Juncker, decidió prescindir de los servicios de la consejera científica jefe de la Unión Europea, Anne Glover. Su destitución se debió a presiones por parte de grupos ecologistas como Greenpeace y Amigos de la Tierra, y del propio gobierno francés. Anne Glover tuvo la osadía de declarar que no hay evidencias científicas objetivas de que los transgénicos sean peligrosos, por lo que Europa debería apostar por ellos. Parece que esto fue suficiente para relevarla del cargo. O sea, un científico hace lo que se supone que tiene que hacer, hablar en base a datos objetivos, y por hacer su trabajo le despiden.<sup>17</sup> Vergüenza europea.

Otro aspecto que parecen olvidar los que acusan a los transgénicos de estar patentados es que existen variedades OGM que se están desarrollando con fondos públicos. Puede suceder que los agricultores de determinado país tengan un problema y que ninguna empresa esté interesada en desarrollar este proyecto puesto que no lo ve rentable. Uno de los casos más conocidos es el de Brasil, que presentó la judía resistente al virus de la mosca blanca que estaba causando estragos entre los agricultores, proyecto dirigido por Francisco Aragao y en el que participaron más de noventa laboratorios distintos. Si fuisteis a Rio de Janeiro a ver las Olimpiadas y os comisteis una feijoada, las judías probablemente fueran OGM. Países como Argentina, Indonesia o Bangladesh han presentado proyectos así. De hecho la mayoría de los científicos que trabajamos en OGM no lo hacemos para empresas y tampoco necesariamente para sacar variedades transgénicas al mercado, ya que también se utilizan transgénicos para proyectos de ciencia básica que van destinados a esclarecer el funcionamiento de las plantas.

#### LOS *MEN IN BLACK* DE MONSANTO Y LAS PATENTES

Otro de los bulos propagados interesadamente es que a muchos agricultores les obligan a comprar semillas de Monsanto. Aquí puedo contar una anécdota divertida. En una charla en Málaga, en 2014, el turno de preguntas fue acaparado por un ecologista concienciado que entre otros argumentos alegaba

que las grandes empresas obligan a los agricultores a sembrar OGM. Esta denuncia es fácilmente encontrable en muchos foros, como este de *slow food* (un grupo de consumidores de alto *standing* jugando a ser concienciados).<sup>18</sup> Entre los asistentes a la charla estaba el periodista José F. Ramírez, que replicó diciendo que a él, como periodista, le interesaba mucho hacer pública esta denuncia, y que, por favor, el ecologista le indicara los datos de contacto de uno de estos agricultores para hacerle una entrevista. Entonces el tipo dijo que no los tenía, pero que lo había oído en una charla del sindicato agrario COAG (Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos). Así que la afirmación lapidaria pasaba a convertirse en un rumor de oídas. No obstante, recogí el reto y en marzo de 2015 hice un llamamiento público desde mi blog pidiendo que me dieran los datos de contacto de cualquier agricultor, de cualquier país del mundo, al que le hubieran obligado a sembrar transgénicos.<sup>19</sup> El llamamiento sigue sin respuesta, nadie me ha pasado ni un nombre o un mail, a pesar de que ese *post* ha tenido muchísima difusión en las redes sociales. Lo más cerca que estuve fue cuando una barcelonesa que había estado de cooperante en Guatemala me dijo que allí pasaba. Le dije que me pusiera en contacto con alguien... Y volvimos a que ella no le conocía, pero que la organización Vía Campesina había hecho esa denuncia. Solo había un pequeño detalle: Guatemala no está sembrando OGM. Reitero el llamamiento: si eres un agricultor al que los *Men in black* de alguna empresa de biotecnología hayan hecho una visita para obligarle a sembrar OGM, por favor, deja los datos de contacto, una persona física con nombre y dirección que nos avise a José F. Ramírez o a mí.

En general, una noticia sobre OGM tiene más capacidad de obtener impacto mediático si aparece Monsanto. Otra de las noticias que alimentaron en su momento la leyenda negra de esta empresa es que si tú tenías un campo convencional y se te contaminaba con OGM, Monsanto te llevaba a juicio por utilizar sus productos sin licencia. Menuda injusticia, además de cornudo apaleado: sufres la contaminación, tu cosecha es OGM sin tú quererlo y encima te demandan. Es como si estás en el tercer anfiteatro, te caes a la platea y el teatro, en vez de socorrerte, quisiera cobrarte la diferencia de precio de la entrada. Bueno, la historia real de este caso es menos épica.

En 1997 Monsanto planteó un juicio contra el agricultor canadiense Percy Schmeisher. Monsanto ganó en primera instancia y en apelación, pero en 2004 el Tribunal Supremo de Canadá absolvió a Schmeisher. La historia que se contó fue la de David ganando a Goliat, una gran compañía contra un pequeño agricultor que tenía que pagar las consecuencias de la contaminación en su campo. Pero ni de broma. Percy Schmeisher tenía una superficie sembrada de unos cuatro acres de colza (unos 16.000 metros cuadrados, el equivalente a tres campos de fútbol) en la que presuntamente aparecieron plantas transgénicas, a pesar de que el campo más cercano estaba a ocho kilómetros. El detalle que no se cuenta es que el bueno de Percy cosechó la péfida semilla transgénica y la vendió en una cantidad suficiente para sembrar más de mil acres (unos cuatro millones de metros cuadrados), y Monsanto le puso una demanda por estar vendiendo semillas sin licencia a gran escala. Es decir, que no es una empresa castigando a alguien que ha sido víctima, sino que tenemos más bien un caso de violación de patente, similar a cuando Apple le pone juicios a Samsung por la autoría de las tabletas. Al final Schmeisher fue absuelto porque Canadá no ha desarrollado muchos de los aspectos legislativos sobre OGM, y muchos de los derechos eran válidos en Estados Unidos, pero no en Canadá.

Ha habido varios juicios similares en Estados Unidos, y en ningún caso se ha perseguido a gente que ha sufrido contaminaciones ni a la que ha reutilizado la semilla, sino que se ha pleiteado por vender sin licencia, algo similar a lo que está pasando con las mandarinas Nadorcott no OGM en Valencia.<sup>20</sup> Así que las presuntas víctimas de los OGM en realidad son gente que está utilizando y propagando los OGM y quienes nadie les ha obligado a utilizarlos: lo hacen por decisión propia y con todo el rostro.

También es bastante dudosa la historia que cuentan algunos supuestos agricultores de que su producción se ha contaminado por polen de maíz OGM y por eso no ha podido ser vendida como ecológica.<sup>21</sup> La última denuncia pública la hizo un agricultor en el programa *Equipo de Investigación* dedicado a los OGM. La legislación española tiene previstos los casos de contaminación de cosechas y las pérdidas que le puede suponer a un agricultor la contaminación por otro cultivo. Esta legislación es muy anterior a la existencia de los OGM. Por ejemplo, si plantas ciertas variedades

de mandarina y estas se polinizan por una variedad diferente (por la presencia de abejas, por ejemplo), se produce la temida *pinyolà*. El fruto desarrolla semilla, y luego te lo comes y tienes que ir escupiéndolas, algo que el mercado repudia. Si esto le pasa a un agricultor pierde la cosecha, pero existe numerosa normativa que lo protege en estos casos.<sup>22</sup> Si un agricultor ha perdido la cosecha por una contaminación lo que tiene que hacer es denunciarlo en el juzgado, no en la prensa. En Alemania hubo un juicio por contaminación de miel ecológica donde el tribunal falló a favor de los agricultores.<sup>23</sup> Las denuncias en el juzgado, denunciar en la tele es más propio de la prensa del corazón. Sin embargo, muchos grupos ecologistas siguen alegando que esta supuesta contaminación por parte de los transgénicos es motivo suficiente para prohibir los cultivos OGM y que la coexistencia es imposible; incluso publican «informes»,<sup>24</sup> cuya validez queda en cuestión por un sencillo dato: España es el principal productor de OGM en la Unión Europea y a la vez el principal productor de agricultura ecológica. Algo no cuadra, no pueden argumentar que la coexistencia es imposible y a la vez liderar los dos sectores del mercado. Los argumentos emocionales son muy bonitos, pero la realidad es la realidad.

Otro argumento que cae por su propio peso es que las patentes se utilizan para oprimir a otros países, pero realmente no es cierto. Cuando empezó a cultivarse la soja en Argentina este país no había suscrito el tratado internacional de patentes, por lo que empezó a utilizarlas sin pagar *royalties*; después de años de litigios, en 2016 se alcanzó un acuerdo por el que Argentina pagaría una tasa tecnológica mucho menor que la que pagan los agricultores estadounidenses desde hace veinte años. Así que el principal productor mundial de soja no estaba pagando la patente. Si tenemos en cuenta que en Argentina la soja transgénica tiene un 35 por ciento de arancel a la exportación y el maíz OGM un 20 por ciento, esto quiere decir que gran parte de la riqueza del país y que sirve, entre otras cosas, para que las universidades sean totalmente gratuitas y la media de años para acabar una carrera universitaria sea de catorce es gracias a los OGM. ¿No es eso un ejemplo de uso social de la tecnología?

Para escribir este libro he hablado con otros muchos científicos o divulgadores que han tratado el tema de los transgénicos, y les he pedido que me cuenten anécdotas de sus experiencias hablando en público sobre este tema. Hay una en la que coincidimos todos: no hay debate, entrevista o artículo en blog o medio de comunicación en el que no salga alguien y te acuse de estar a sueldo de Monsanto. Seguí Simarro cuenta en su libro *Bioteología vegetal* que durante una charla alguien le exigió que explicara quién financió sus estudios posdoctorales en Estados Unidos. A mí me lo han dicho cientos de veces, a veces de forma educada, otras no tanto. Por redes sociales prácticamente todos los días. De hecho hasta circulaba un grupo de Facebook llamado «JM Mulet, sicario de Monsanto». Lo más curioso es lo fácil que se realizan acusaciones sin aportar ni una sola prueba. No me imagino estar debatiendo con alguien y acusarle de defraudar a Hacienda o de maltratar a su cónyuge sin aportar ni una sola prueba, y, sin embargo, a mí me acusan por las buenas de un delito sin demostrarlo. Soy funcionario, no puedo estar a sueldo de una empresa. Supongo que si utilizan este argumento es que algo estoy haciendo bien en el debate. Cuando no puedes desmontar lo que están diciendo tratas de desmontar al que lo está diciendo. Es lo que se llama matar al mensajero, o falacia *ad hominem*. No ofende quien quiere sino quien puede, y cuando el único argumento de alguien es acusarte de estar a sueldo de Monsanto es porque se ve incapaz de rebatir el resto de argumentos. He tenido proyectos financiados con varias empresas, como Crop Design o Agrométodos, y he dado conferencias para otras muchas. Monsanto nunca me ha invitado a una charla ni me ha financiado un proyecto de investigación. Diabólicos no sé si son, pero agarrados bastante.

#### OTRO ARGUMENTO *BOOMERANG*: ANTI OGM Y NEOCOLONIALISMO

Como en capítulos anteriores, cualquier argumento en contra de los OGM fácilmente se vuelve en contra de los que lo lanzan. ¿Los transgénicos aumentan las desigualdades? Este es un argumento recurrente, que ya hemos comentado en anteriores páginas. Vale la pena seguir matizando. Lo más

justo para los países en vías de desarrollo es facilitarles el acceso a la misma tecnología que utilizan los países desarrollados, ¿no? De hecho, el uso de los OGM está detrás del despegue de algunas potencias emergentes como la India, Argentina o Brasil. Dado que a nadie le obligan a utilizar OGM lo más justo sería dejar que los agricultores de los países en vías de desarrollo elijan lo que más les convenga, tontos no son ¿no? Bueno, pues no, parece que hay quien se empeña en considerarles tontos o en privarles del acceso a la tecnología.

Hoy la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo está financiando programas en países de Latinoamérica dedicados a impedir la entrada de OGM.<sup>25</sup> ¿Imagináis un programa dedicado a impedir la entrada de ordenadores o internet para no contaminar su forma de vida tradicional? ¿O impedir el acceso a vacunas o a medicamentos para que no se contamine su sabiduría étnica? Pues eso, incluso puedo contar un caso más divertido: una vez estuve en un seminario de un científico que había conseguido un programa de cooperación para estudiar el cultivo de la chirimoya en Ecuador. El programa obligaba a que fueran de cultivo ecológico y preservar las variedades locales. Curiosamente, en España el 95 por ciento de las chirimoyas son de la variedad Fino de Jete y el cultivo ecológico es minoritario, pero, claro, nosotros somos un país avanzado y no les enseñamos lo que realmente hacemos aquí, no vaya a ser que luego sean competitivos, dejen de ser pobres y nos quiten cuota de mercado. Allí estaban obligados a conservar variedades locales, aunque nadie las compraría. Y lo de ecológico... El cultivo de la chirimoya es muy susceptible a insectos, pero cuando utilizaban el insecticida autorizado en producción ecológica se cargaba al insecto polinizador y se perdía la cosecha. El grupo que desarrollaba ese proyecto ecológico y local por imposición, en España investigaba con frutales transgénicos, pero eso no podía entrar dentro de la ayuda al desarrollo, aunque les habría ayudado.

Ahora mismo Europa está exportando el modelo anti OGM a países en vías de desarrollo con los que todavía tiene dependencia económica. Y esto es una política general, no acciones puntuales. En junio de 2016 la Unión Europea votó una resolución para instar al G8 a que presionara para que no se permitiese el desarrollo de cultivos transgénicos en África. Para empezar, el

simple hecho de que se vote esta resolución no deja de ser un reflejo de que Europa sigue anclada en el más rancio colonialismo: ¿no pueden ser los propios africanos los que decidan si quieren o no utilizar transgénicos? ¿Hace falta que presionemos desde Europa para ver lo que pueden o no pueden hacer? Desde África han llovido críticas a esta decisión, como esta carta abierta de un granjero keniano a la Unión Europea pidiendo que dejen que África tome sus propias decisiones.<sup>26</sup> ¿Qué sentido tiene vetar en países en vías de desarrollo el acceso a una tecnología como los transgénicos que se está utilizando en todo el mundo, incluida Europa? Estamos exportando modelos con mucho buen rollo, pero que no funcionan y que solo sirven para que los pobres sigan siendo pobres y los ricos, ricos. Vamos, neocolonialismo puro, pero disfrazado de cooperación y sostenibilidad. Y pagado con fondos públicos. Lo más social sería facilitar el acceso a las mismas herramientas que se utilizan en los países desarrollados.

Por cierto, ¿cómo va esto de los transgénicos en cada país?

## CAPÍTULO 8

# LA VUELTA AL MUNDO EN UN TRANSGÉNICO

Europa es declaradamente antitransgénica. La visión que podemos tener desde aquí es que es una tecnología denostada en todo el mundo y que apenas se utiliza. Pero los números dicen exactamente lo contrario. La superficie sembrada sigue creciendo cada año, al igual que el número de variedades nuevas disponibles. De hecho Europa viene a ser la excepción dentro de lo que es el uso y el impacto de esta tecnología, excepción que se hace notar en muchos aspectos, sobre todo a nivel de percepción social, puesto que seguimos importando y consumiendo OGM y sembrando un evento. Para entender el impacto global de esta tecnología nada mejor que hacer una comparativa de cómo está funcionando en diferentes países a lo largo del orbe.

### LA ANTITRANSGÉNICA EUROPA

Los motivos de la actitud anti OGM de Europa hay que buscarlos en una extraña conjunción de intereses y de circunstancias históricas. Los primeros OGM autorizados para la siembra y el primer producto alimentario comercializado (la pasta de tomate) salieron al mercado sin apenas oposición. Las empresas pensaron que el hecho de ser OGM sería un valor añadido y hasta comprarían más. A veces incluso ha existido hasta un punto de provocación en la actitud de pensar que por ser OGM tendría más demanda. En el año 2004, cuando ya se había disparado la fiebre anti OGM, el maestro cervecero Kenth Persson, de la fábrica de cerveza de Osterlen, en Suecia, presentó la primera cerveza europea hecha a partir de maíz OGM, llamada Kenth a modo de autohomenaje. El hecho de utilizar maíz OGM no le da

ninguna característica especial de sabor, aroma o textura, dado que el maíz OGM que se siembra en Europa solo es tolerante a insectos, y como mucho tendrá menos posibilidades de contaminarse por micotoxinas. La cerveza tuvo una difusión muy limitada y hoy ya no existe.

Para que Europa se cerrara a los OGM se unieron dos factores. El primero fue que a pesar de que la tecnología es europea ninguna empresa europea estuvo espabilada, y solo se pensó en esta técnica desde un punto de vista de investigación académica. Sin embargo, en Estados Unidos enseguida se le vio el interés comercial y Monsanto fue la primera compañía que tuvo la tecnología lista para salir al mercado. Por otra parte, a mediados de los noventa muchas organizaciones ecologistas necesitaban una campaña de impacto para volver a atraer a la opinión pública. Las imágenes de los activistas delante de los balleneros, o de las movilizaciones antinucleares empezaban a estar muy vistas y algunas de esas campañas ya habían dado los réditos esperados. Necesitaban algo para implicar de nuevo a la gente y atraer el foco mediático. Como cuenta el antiguo activista de Amigos de la Tierra Piet Schenkelaars,<sup>1</sup> en un principio la oposición a la biotecnología partió de movimientos alternativos no organizados. Las primeras organizaciones que se fijaron en los OGM fueron Amigos de la Tierra y algunos partidos verdes europeos, mientras el resto de los partidos políticos y grandes empresas tenían un desconocimiento general sobre la técnica. Tampoco este hecho captó demasiado la atención de otros grupos ecologistas como Greenpeace o WWF, que mostraron indiferencia ante los primeros ensayos de campo realizados con cultivos OGM resistentes a herbicidas en Europa. Fue en el año 1996, con la llegada de los primeros cargamentos de soja y maíz OGM a los puertos europeos, cuando Greenpeace vio la oportunidad y lanzó el manifiesto *This is the end of the world as we know it*, este es el final del mundo tal como lo conocemos, una forma apocalíptica de iniciar oficialmente su campaña anti OGM, con fotos de las lanchas pululando alrededor de los cargueros llenos de semillas transgénicas, dando la típica imagen de David contra Goliat que tan bien saben explotar. Otro factor decisivo en contra de los OGM fue la crisis de las vacas locas, aprovechada por muchos grupos ecologistas como prueba de la maldad de los OGM, a pesar de que no había ninguna relación. Se aprovechó de forma ilegítima el miedo de la gente por la

carne contaminada para introducir el miedo a los OGM, aunque no hay ninguna carne de vaca transgénica en el mercado, ni entonces ni ahora. Simplemente se metió todo en el mismo saco.

Esta campaña en Europa tuvo un calado importante entre la opinión pública y enseguida empezaron a aparecer leyes restrictivas contra el uso de OGM, debido entre otras cosas a que ninguna empresa europea hizo nada para evitarlo. ¿Por qué? Muy fácil. A las empresas europeas esta tecnología les había pillado a contrapié. Monsanto les había ganado la partida tecnológica y pensaron que iba a arrasarse el mercado. Las leyes de comercio internacional y los acuerdos son muy restrictivos respecto a aranceles, pero poner la excusa del ecologismo y del medio ambiente era una especie de proteccionismo comercial encubierto que en aquel momento les vino muy bien. No hicieron nada en contra de los OGM, aunque tampoco nada a favor, y su inacción propició el establecimiento de leyes muy estrictas. Una década después, cuando las empresas ya se habían puesto al día, ese marco regulatorio tan restrictivo les fastidió y la mayoría movieron sus divisiones de biotecnología vegetal a Estados Unidos. No es casualidad que los países más agresivos en la política OGM hayan sido Alemania y Francia, que son los principales productores y exportadores de maíz no OGM. Aunque en el caso de Francia, detrás de esta oposición puede que haya algo más.

#### EL EXTRAÑO CASO FRANCÉS

Si hay un país que ha abanderado la política anti OGM en Europa ha sido Francia. Se ha negado sistemáticamente a cumplir la legislación europea sobre OGM, vetando a sus agricultores incluso a sembrar las variedades autorizadas y aplicando de forma ilegal la cláusula de salvaguarda que permite a los países aplicar una moratoria. Esto le ha valido varias multas por parte de la Unión Europea.<sup>2</sup> Las multinacionales alimentarias francesas también son de las más restrictivas en la prohibición de los OGM y las más interesadas en promover el consumo ecológico (con poco éxito, por cierto). Puede parecer que Francia se ha plegado a las presiones de los grupos ecologistas. Pero Francia no es un país muy dado a recibir este tipo de

presiones. Solo hay que ver qué pasó en 1985 cuando Greenpeace protestó contra las pruebas nucleares en Mururoa y lo solucionaron poniendo una bomba en el *Rainbow Warrior*, que se hundió y causó la muerte del activista Fernando Pereira. Este atentado provocó una serie de condenas contra el gobierno francés a nivel mundial, lo que les sirvió de lección para el futuro.

Esta comunión de intereses entre el gobierno francés y los grupos ecologistas en el tema de los OGM es un poco sospechosa, y mucho más si consideramos que el gobierno francés, junto con Finlandia, es uno de los principales defensores de la energía nuclear. En Francia las protestas antinucleares de estos grupos ecologistas son bastante menos agresivas que en otros países. ¿Casualidad? Veamos si encontramos algo en *Wikileaks*. En el cable *09MADRID482* se apuntaba a que el gobierno francés había pactado con Amigos de la Tierra y Greenpeace no hacer una campaña agresiva contra las centrales nucleares a cambio de que el poder ejecutivo francés defendiera la postura anti OGM en Europa, que en cierta forma a Francia le viene bien como política proteccionista. La confirmación definitiva de este pacto, que es cualquier cosa menos secreto, la puso el ex primer ministro, y actual candidato, François Fillon, en una entrevista publicada en la revista *Les Echos* en junio de 2013<sup>3</sup> en la que habla de la necesidad de Francia de recuperar el tiempo perdido y el liderazgo estratégico en ciencia, y entre ella incluye la biotecnología. Y señala el error. Citando textualmente a Fillon: «La biotecnología es un sector indispensable en el que se debe dar un paso adelante. Francia tuvo una vez una experiencia, una historia, una excelencia, pero por razones del principio de precaución ahora nos hemos quedado atrás. Este sector de excelencia para Francia determinará que tengamos que dar un paso adelante en el debate de los OGM. Hemos adoptado una posición muy inmovilista por una especie de pacto de Nicolas Sarkozy con los ecologistas: nucleares contra OGM. Pero ¿quién puede decir hoy que dentro de cincuenta años las nucleares serán más importantes que los OGM?».

Por cierto, Francia también es una potencia en vino. Los científicos franceses hace tiempo que investigan en viñas OGM resistentes a enfermedades como la filoxera o el mildiu, a pesar de los ataques sufridos por

parte de grupos anti OGM.<sup>4</sup> Como pasó con la papaya en Hawái, si en algún momento una plaga amenaza con arrasar los viñedos os aseguro que Francia será el principal defensor de esta tecnología.

#### ¿HAY FUTURO PARA LOS TRANSGÉNICOS EN EUROPA?

Actualmente en Europa se siembra maíz transgénico en España, y en mucha menor cantidad en Portugal, Eslovaquia, la República Checa y Rumanía. ¿Peligra la siembra? ¿Europa puede poner más trabas administrativas o burocráticas? Lo dudo. Es más, dudo que aunque llegara al gobierno algún partido de los que propugnan la prohibición de los OGM se llegue a prohibir la siembra. Y por un motivo muy sencillo: es rentable. ¿Alguien recuerda alguna campaña del Ministerio de Agricultura promocionando el uso del maíz Bt? ¿Alguien podría indicarme alguna campaña de subvenciones para promocionar el cultivo de transgénicos? Hoy por hoy un agricultor que siembre OGM no tiene acceso a ninguna ayuda suplementaria, además de la mala prensa que tiene, y aun así la siembra sigue creciendo. Porque sale a cuenta. Y a pesar de que no hagan manifestaciones ni declaraciones ni ruido, ningún gobierno va a prohibir algo que está funcionando y dando de comer a un sector tan maltratado como la agricultura. Un ejemplo es cuando Izquierda Unida llevó al Parlamento andaluz una propuesta para prohibir el cultivo de transgénicos en Andalucía. Este se comprometió en evitar la siembra en espacios naturales y en limitar los cultivos experimentales, pero PP y PSOE votaron en contra de prohibir el cultivo comercial de OGM, puesto que Andalucía es de las principales regiones productoras. Y el cultivo sigue creciendo.

Si hacemos una comparativa entre OGM y otro tipo de producción como la ecológica, esta última sale muy mal parada. Hoy un agricultor que siembre ecológico tiene acceso a toda una serie de ayudas y subvenciones, más campañas de promoción por parte de las diferentes autoridades, y aun así el consumo no despega y España se sitúa en la cola de Europa, a pesar de ser el principal productor europeo. La mayor parte de la producción se destina a exportación: tal y como sale del invernadero en Almería se va en camiones a

Alemania, camiones que consumen gasoil y emiten gases de efecto invernadero, pero de buen rollo. Un dato bastante evidente de esta disparidad es comparar ambas producciones, la casi clandestina de maíz OGM y la hipersubvencionada y apoyada de maíz ecológico. ¿Cuál dirías que es mayoritaria? Piénsalo. Según datos del Ministerio de Agricultura de 2011, la superficie sembrada con maíz OGM había sido de 97.326 hectáreas y la de maíz con certificación ecológica, de 388 hectáreas. Es decir, por cada hectárea de maíz ecológico hay más de 250 de maíz OGM. ¿Pensáis que una política de prohibir los OGM puede llegar a implementarse alguna vez?

Pues eso, en Europa solo se siembra a nivel comercial un OGM para alimentación (también están los cultivos de flores ornamentales), pero el cultivo sigue en plena forma y le queda mucho recorrido. De hecho, otro de los problemas es que el evento MON810, la proteína que le da tolerancia a insectos, empieza a ser muy antiguo, a pesar de que está introducido en distintas variedades. Fuera de Europa funcionan las variedades apiladas, que incluyen varias mejoras juntas. Las variedades tienen un recambio muy alto, ya que el mercado es muy competitivo y cuando una variedad funciona un poco mejor que las otras arrasa (*The winner takes it all*, como cantaba Abba). Si el maíz con el evento MON810 lleva veinte años en el mercado es precisamente por el hecho de que la tolerancia a insectos y el ahorro en insecticidas supone una ventaja frente a la que las variedades convencionales no pueden competir (las ecológicas ni lo intentan: si hay bichos solo rezan y esperan que la subvención les compense las pérdidas). Y no olvidemos que Europa solo siembra un OGM, pero importa más de ochenta diferentes, así que no es tan anti OGM como parece.

## ESTADOS UNIDOS, LA POTENCIA MUNDIAL

Si Europa es la antipotencia en el campo de los OGM, Estados Unidos es la potencia sin matices. Hoy por hoy, es el primer productor mundial y a la vez el primer consumidor. Son los primeros en utilizarla alegremente y es el primer sitio donde se comercializan la mayoría de las variedades, que allí utilizan para consumo humano mientras que aquí se suelen utilizar para

consumo animal. En efecto, el ganado europeo come lo mismo que los estadounidenses, otra de las paradojas. De hecho, para la mayoría de la población estadounidense el debate no existe. En el *corn belt*, la zona productora de maíz, cuando llega la época de la siembra en la televisión se pueden ver anuncios de semillas de maíz transgénicas.<sup>5</sup>

Obviamente esto no quiere decir que no haya gente que se posicione en contra de los OGM o gente que pida su prohibición, de la misma forma que no se puede decir que en Europa todos están en contra de los OGM (yo no, por ejemplo, y soy muy europeo). Pero normalmente sus protestas suelen tener poco calado y escasa relevancia. Existen científicos como Charles Benbrook que de vez en cuando publican artículos de investigación señalando supuestos peligros de los cultivos OGM, pero como suele pasar, a la que se rasca un poco se ve que están financiados por compañías de comida ecológica. *The New York Times* descubrió que detrás de sus ataques a los OGM había jugosas subvenciones por parte de las compañías de comida ecológica, que también están muy de moda en Estados Unidos, como Whole Foods y Trader Joe's.<sup>6</sup> Como suele pasar, Whole Foods, la mayor compañía de productos ecológicos, es la que más notificaciones por alertas alimentarias acumula.<sup>7</sup> En Europa, como en Estados Unidos, los estudios que ven una calidad superior o una ventaja en los alimentos ecológicos suelen estar firmados por gente vinculada a asociaciones de agricultura ecológica. Pero en general el impacto que tienen en el consumo y sobre todo a nivel de leyes en Estados Unidos es mínimo. Últimamente hay una organización llamada USRTK (US Right to Know) que está protagonizando una campaña de hostigamiento a los científicos más relevantes en el campo de la biotecnología vegetal tratando de desenmascarar supuestos vínculos con la industria. No es raro que esta organización esté relacionada con movimientos antivacunas.

En el vecino del norte, Canadá, a pesar de que la legislación es mucho más restrictiva en el uso de patentes sobre variedades agrícolas, se están sembrando OGM a gran escala, siendo el quinto país del mundo que más superficie tiene sembrada, con cultivos de colza, maíz, soja y remolacha.

El caso de México es especialmente interesante. Comparte miles de kilómetros de frontera con Estados Unidos (y un muro que ahora van a hacer más largo y más alto), el principal productor de transgénicos del mundo. México planta algodón transgénico desde el año 1996 y soja desde 2014, y ello no ha suscitado demasiada polémica. Otro asunto bien diferente es el maíz.

El maíz es una parte intrínseca de la cultura mexicana y de muchos países de Centroamérica. Una de las obras más conocidas del premio Nobel de Literatura guatemalteco Miguel Ángel Asturias es *Hombres de maíz*, cuyo título hace referencia al mito de la creación del hombre por parte de los dioses mayas a partir del maíz, tal y como está contado en el *Popol Vuh* o *Libro de la Comunidad*. Bien interpretado, se podría decir que Kukulcán y Tepeu, los dioses mayas creadores, eran unos *cracks* de la biotecnología vegetal. Sea como sea, el maíz está en el centro de la cultura y cualquier cambio tiene una fuerte respuesta emocional.

Dejando la mitología aparte, el tema del cultivo del maíz OGM en México es de los más controvertidos y complejos. En este país siguen existiendo muchas variedades tradicionales y plantas silvestres con capacidad de hibridar, lo que puede limitar el cultivo en muchas regiones. Pero hay otros factores. México es el país que ha dado de comer al mundo, ya que tuvo un papel preponderante en las tres revoluciones verdes. Especies de cultivo mayoritario como el maíz o la judía se domesticaron en el actual México. La segunda revolución verde empezó con los experimentos que Norman Borlaug realizó allí, y entre los científicos que consiguieron la primera planta OGM en el laboratorio de Van Montagu se encontraba el mexicano Luis Herrera Estrella. La paradoja es que, hoy, México es dependiente de las importaciones de grano y sobre todo de maíz de Estados Unidos, y esto supone un enorme problema para el suministro de alimentos. En 2006, cuando la administración Bush anunció que iba a potenciar el uso de biocombustibles, el precio del maíz se disparó, y esto significó hambre en México.<sup>8</sup> Hay que tener en cuenta que el precio de los alimentos de primera necesidad afecta a todo. En economía los alimentos básicos tienen la

consideración de bienes Giffen, aquellos cuya demanda aumenta cuando aumenta el precio, debido a que no puede prescindirse de ellos y su encarecimiento impide comprar otros bienes.

A pesar de esta dependencia externa, en México sigue habiendo una fuerte oposición al desarrollo de esta tecnología que utiliza aspectos emocionales, pero a diferencia de otros países, en esta oposición hay involucrados científicos relevantes (no como Seralini, sino buenos de verdad). El detalle es que cuando explicitan su oposición a los OGM no utilizan argumentos que tengan base científica. Un ejemplo claro es el de Elena Álvarez Buylla, excelente bióloga molecular de plantas que en una entrevista para *Eldiario.es* publicada el 26 de mayo de 2014<sup>9</sup> utiliza argumentos tan explosivos, y amarillistas, como que «los transgénicos son una bomba atómica con vida propia».

En el año 2001 un grupo de granjeros mexicanos de la provincia de Oaxaca trató de obtener la certificación de ecológico para su maíz (según la normativa americana, puesto que no existe normativa en México y era para el mercado estadounidense) y encontró que en algunas muestras de maíz local existía un fragmento de maíz transgénico, lo que sirvió como pretexto para pedir la prohibición. El problema es que estudios posteriores no han podido reproducir los resultados, como confirmó un informe sobre la tecnología OGM publicado por *Nature* en abril de 2013, por lo que existe una seria duda sobre la realidad de este hecho. En cualquier caso no se ha podido detectar ninguna alteración en la producción local de maíz debida a la supuesta presencia de este transgén. Sin embargo, este argumento sigue siendo utilizado por los opositores.

En 2013 se prohibió sembrar maíz OGM, pero esta prohibición fue derogada por una decisión judicial en 2015. La vuelta al campo del maíz OGM provocó una serie de reacciones capitaneada por... los grandes chefs. Cien de ellos se unieron bajo el nombre de «Colectivo Mexicano de Cocina» y enviaron una carta al presidente Peña Nieto para quejarse por esta decisión judicial. No cayeron los chefs en que México y Estados Unidos tienen en

vigor un tratado de libre comercio, y que al cultivar maíz OGM el maíz americano sale mucho más barato que el producido en México. El maíz tradicional que tanto defienden tiene un problema serio, y es que la producción y la demanda del mercado son ridículas, lo que condena a pasar hambre a sus productores. Sería como si se unieran para conservar los sistemas informáticos tradicionales y obligaran a los mexicanos a utilizar ordenadores Commodore, Amstrad o ZX Spectrum mientras que Estados Unidos utilizan de última generación.

Por cierto, la crítica por parte de los chefs y de Álvarez-Buylla cae en el mismo error. Los chefs, para realizar sus creaciones, no renuncian a ningún tipo de técnica ni tecnología. En los últimos años hemos visto que la alta cocina incorpora elementos como alginato, nitrógeno líquido u oro coloidal, e instrumentos como sopletes, aparatos para hacer espumas y un largo etcétera. Es lógico. Cualquier profesional tiene derecho a usar la mejor tecnología a su disposición para hacer mejor su trabajo, pero quieren negarle ese derecho a los agricultores mexicanos. Y la doctora Álvarez-Buylla parece que cojea de ese mismo pie. Si uno lee sus entrevistas los transgénicos son bombas atómicas, pero si mira su producción científica resulta que en la mayoría de sus publicaciones utiliza... plantas transgénicas. Las plantas transgénicas en su laboratorio parece que no explotan. Cualquiera diría que las quiere solo para ella. Por lo tanto, a pesar de la oposición, más o menos argumentada, México ha optado por la biotecnología agrícola y no parece que vaya a recular. Solo hay que ver lo que pasó durante los dos años en los que estuvo vigente la moratoria. Visité México por entonces y tuve la oportunidad de entrevistarme con científicos, empresas de biotecnología y representantes de organizaciones agrarias. Todos apuntaban a que se había disparado el cultivo de maíz a lo largo de la frontera... Parece ser que el tráfico ilegal no solo es de sur a norte, sino que las semillas hacen el camino inverso. Veremos qué pasa cuando se entere Trump.

SUDAMÉRICA, EL CONTINENTE DE LOS EXTREMOS

Europa y Norteamérica son bastante homogéneos en el tema de los OGM: Europa dice que no y Norteamérica que sí (Canadá tiene 170 eventos transgénicos aprobados). Sin embargo, en Sudamérica coinciden países con moratorias o prohibiciones constitucionales a la siembra de transgénicos con países que se sitúan en la cabeza de la producción mundial. Hay países fronterizos que tienen políticas opuestas en este tema como Perú y Colombia. Lo que pase en Sudamérica afecta al resto del mundo, ya que se ha convertido en el granero global. La soja y el maíz sudamericanos son la principal alimentación del ganado que consumimos en Europa y la principal fuente de proteínas y azúcares de otras potencias emergentes como China y la India.

Argentina fue la iniciadora en el uso de esta tecnología, por tener un marco regulatorio adecuado. Ahora mismo es la primera productora mundial de soja aprovechando que entre otras cosas no pagaban regalías. En los últimos años está apostando por desarrollar tecnología propia en sus centros públicos de investigación. En octubre de 2015, en un acto revestido de toda la solemnidad necesaria y presidido por la entonces presidenta Cristina Fernández de Kirchner, Argentina presentó sus dos primeras variedades transgénicas desarrolladas con fondos públicos: soja resistente a la sequía y una patata resistente a los virus. Esperemos que triunfen, puesto que prácticamente no hay patatas OGM en el mercado ni variedades resistentes a la sequía. Tuve el privilegio de conocer este desarrollo de primera mano dado que en mayo de 2015 estuve en Argentina y me entrevisté con Carlos Casamiquela, entonces ministro de Agricultura, y con el director general de Biotecnología, que me contaron los detalles de las dos variedades y que tienen veinte más en prueba que irán presentándose en los próximos años. Por cierto, una presentación de dos variedades transgénicas y asisten al acto la presidenta del país y todos los ministros... ¿Sería eso factible en España? Pues no será por falta de variedades propias. Aquí hemos desarrollado el trigo apto para celíacos, el maíz enriquecido en vitamina A, colaboramos en tomates ricos en antioxidantes, etc. Tecnología tenemos de sobra, otra cosa es que llegue al mercado. Aunque parece que nuestros políticos tienen otras prioridades.

En Argentina, a pesar de ser el cuarto productor mundial y que gran parte de la economía del país se sostiene por los aranceles a la exportación del maíz y de la soja, hay una oposición a los OGM que puede llegar a ser violenta, como yo mismo pude comprobar. Estos grupos son minoritarios, muy ruidosos y poco informados. En una de las movilizaciones contra los OGM un periodista empezó a preguntar a los asistentes qué era un OGM y por qué estaban allí; las respuestas dan vergüenza ajena.<sup>10</sup>

Si Argentina es la primera en cronología, Brasil es hoy por hoy el primer productor de la región y el segundo productor mundial de alimentos transgénicos. Pero la historia es peculiar. Brasil se convirtió en una potencia de los OGM durante el mandato de Lula da Silva, lo cual no deja de ser paradójico, puesto que en su programa electoral se especificaba que Brasil estaría libre de transgénicos. El cambio radical en la política se debió a que en la zona de Rio Grande do Sul, fronteriza con Argentina, los agricultores traían la semilla de este país, sembraban soja transgénica y luego la vendían a sus vecinos de contrabando. El gobierno sopesó la situación, habló con los agricultores y decidió que la mejor solución para acabar con ese tráfico ilegal era autorizar el cultivo. En menos de cuatro años casi todo el país estaba sembrando OGM. A su vez llevó a cabo un ambicioso programa en investigación pública en el campo de los cultivos biotecnológicos. El caso de éxito más destacado fue la presentación en 2012 por parte de EMBRAPA (la empresa pública de investigación agrícola) de una judía transgénica resistente al virus de la mosca blanca.

El éxito del cultivo de la soja OGM en Argentina (y también del maíz) no solo ha influido en Brasil, sino en la mayoría de sus países limítrofes. Uruguay también está sembrando soja y maíz OGM, a pesar de que hay cierta oposición. Pero uno de los mayores defensores del cultivo de transgénicos en el país charrúa ha sido el expresidente Pepe Mujica, icono de la izquierda. La actitud anti OGM suele formar parte de un *pack* ideológico y tiene gran parte de posturo: mucha gente está en contra de los OGM porque es ecologista, simpatiza con movimientos de izquierda y es antisistema. Que gente alineada con estos movimientos se declare públicamente a favor de los OGM es algo

que produce cortocircuitos ideológicos a más de uno, que a veces implica reacciones de furia. Teclead Pepe Mujica y transgénicos en Google y sabréis lo que es la internet profunda.<sup>11</sup>

De Bolivia recordamos las famosas declaraciones de Evo Morales en 2010 diciendo que por culpa de los transgénicos y de las hormonas de los pollos cada vez a los hombres se les caía más el pelo y había más homosexuales,<sup>12</sup> pero la realidad es que Bolivia lleva varios años sembrando soja OGM. En 2015 la extensión de transgénicos llegó a 1,1 millones de hectáreas, situándose en el puesto 11 en el *ranking* de países con más superficie sembrada. En la cumbre agropecuaria celebrada en abril de 2015, Evo Morales declaró que se estaban planteando abrirse a otros cultivos transgénicos. No, no era ninguna estrategia para luchar contra la homofobia ni para hundir el mercado internacional de peines y champú.

Paraguay, situado entre Brasil y Argentina, es el país que más fuerte está apostando de los tres, aunque en la actualidad hay un grupo terrorista activo, el Ejército del Pueblo Paraguayo, que entre sus reivindicaciones y amenazas incluye la condena a muerte de cualquier agricultor que siembre transgénicos (y no conozco a ningún grupo ecologista que haya condenado este hecho, que sale referenciado en la Wikipedia).<sup>13</sup> Este grupo ha reivindicado algunos atentados contra empresarios agrícolas por plantar soja OGM, pero apenas cuenta con apoyo popular. De hecho, la primera aprobación de un cultivo transgénico se dio en Paraguay en el año 2004 con escasa oposición popular y desde entonces se han aprobado veinte cultivos más.

Al otro lado de los Andes, Chile es el país que ha adoptado la política más exótica. Allí no se autoriza la siembra de OGM a los agricultores si van destinados a cosecha, pero en cambio sí se autoriza la siembra de colza, maíz y soja transgénica para producción de semilla transgénica destinada íntegramente a exportación, puesto que al estar en el Hemisferio Sur se pueden conseguir semillas de verano o de otoño en el invierno o primavera del Hemisferio Norte y se ahorran seis meses de espera. Eso tiene cierto riesgo, ya que un mercado tan concreto depende de demasiados factores. Por ejemplo, en los últimos años el exceso de producción de semilla en Estados Unidos ha obligado al cierre de muchas explotaciones en Chile. Colombia, en cambio, no tiene estos problemas. Fue uno de los primeros países del mundo

en sembrar transgénicos, pero se ha centrado en los no alimentarios, como el algodón o los claveles azules. En el ámbito alimentario solo siembra maíz. También tiene un potente programa de investigación pública centrado principalmente en el Instituto de Agricultura Tropical, donde se están investigando nuevos cultivos como la yuca dorada, rica en vitamina A. Actualmente siembra casi noventa mil hectáreas de maíz y treinta mil de algodón OGM.

Y hasta aquí los países que en mayor o menor medida han adoptado esta tecnología. Pero hay tres países que la han rechazado. Ecuador, Perú y Venezuela, cada uno por distintas razones y con diferentes matices. Ecuador recoge en su Constitución la prohibición de sembrar transgénicos en su territorio. Este apartado fue recogido por influencia de algunos asambleístas como Alberto Acosta, ferviente antitransgénico. Sin embargo, en los últimos años el gobierno de Correa ha lanzado el ambicioso programa Prometeo, dedicado a captar científicos extranjeros para trabajar o dirigir líneas de investigación en Ecuador. El programa incluye una línea de becas y contratos para que sus investigadores y profesores hagan la tesis doctoral en Europa. Una de las áreas prioritarias de investigación es la biotecnología vegetal, y lo sé de primera mano porque le estoy dirigiendo la tesis a un estudiante ecuatoriano (saludos, Antonio) financiado por su gobierno que está trabajando en plantas transgénicas tolerantes al frío, ya que este es uno de los principales factores limitantes para el cultivo del plátano. Es un poco raro que se haga esta inversión en una tecnología prohibida en el país, por lo que las previsiones apuntan a que en breve habrá un cambio en esta política. El propio Correa declaró públicamente en 2012 que incluir esta prohibición en la Constitución fue un error.<sup>14</sup> Por cierto, hay científicos y laboratorios españoles que se están financiando con personal investigador o fondos provenientes de Ecuador, así está la ciencia en España. Investigando para este libro descubrí que la empresa Florigene anuncia en su página web que cultiva sus claveles transgénicos en Ecuador,<sup>15</sup> lo cual entraría en conflicto con la prohibición constitucional. He trasladado esta pregunta al Ministerio de Agricultura de Ecuador, sin recibir respuesta.

Venezuela sería un caso similar, dado que no está sembrando OGM pero sí que está investigando en este campo y, al igual que Europa, autoriza la importación. De hecho, la principal marca de harina de maíz venezolana utiliza maíz transgénico en sus productos. Es fácilmente localizable en España y viene correctamente etiquetada como que contiene maíz OGM, que no se ha sembrado en Venezuela pero se comercializa desde allí.

El caso de Perú es más complejo. En 2011 firmó una moratoria de diez años sobre el uso de esta tecnología, en medio de un gran debate público en el que los científicos se han posicionado en contra de esta y a favor de ella personajes públicos, encabezados por sus reconocidos chefs. Científicos contra chefs, digno de película de serie B. Durante el debate público se utilizaron todo tipo de tácticas por parte de los grupos anti OGM, algunas rozando el juego sucio. En 2007 la bióloga Antonietta Ornella Gutiérrez Rosati anunció públicamente que había encontrado contaminación de maíz OGM en catorce muestras obtenidas en el Valle de la Barranca (a doscientos kilómetros al norte de Lima). El científico Ernesto Bustamante criticó públicamente estas afirmaciones, alegando que la ciencia no funciona en una rueda de prensa sino con publicaciones científicas y cuestionando la metodología empleada. La respuesta de Gutiérrez no fue la de un científico (apoyar sus afirmaciones con datos y publicarlos), sino que interpuso una demanda por difamación en la que llegó a pedir cárcel contra Ernesto. Gutiérrez ganó en primera instancia, lo que provocó un movimiento de solidaridad a nivel mundial (la ciencia funciona con datos, no por demandas de difamación). En una instancia superior la demanda fue desestimada. La reacción de Antonietta fue presentar nuevos cargos y reiniciar el proceso, pero, mientras tanto, el Instituto de Innovación Agrícola de Lima trató de repetir el experimento con resultados negativos, dejando en evidencia los datos de la señora Gutiérrez, que seguían sin ser publicados. Esta historia fue recogida por todos los medios de información científica incluyendo la prestigiosa revista *Nature*, dejando en muy mal lugar a la demandante, que nunca pudo probar sus afirmaciones.<sup>16</sup>

Y antes de cambiar de continente, no nos olvidemos de Cuba. En el debate de los transgénicos suele olvidarse que Cuba lleva investigando en diversas variedades transgénicas desde 2005 y sembrando maíz transgénico

desde 2012. Este maíz es resistente a la plaga del gusano cogollero y fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de La Habana, con la colaboración de empresas de biotecnología europeas. También está sembrando variedades pertenecientes a empresas de biotecnología europeas bajo licencia. Es curioso que muchos grupos anti OGM estén vinculados políticamente a partidos de izquierda, y siempre se les olvida el detalle de que Cuba está sembrando transgénicos. Debe de ser que la revolución está vendida a Monsanto o que Cuba es un país neoliberal y no nos hemos enterado todavía. En 2017 Greenpeace México ha lanzado una campaña alabando los logros de Cuba en agricultura ecológica, pero ha olvidado mencionar el apoyo al uso de OGM que ha hecho el gobierno cubano.

En Centroamérica, Costa Rica ha empezado recientemente a sembrar algodón y soja, y Honduras maíz, pero son superficies mínimas si lo comparamos con los países del norte o del sur del continente.

#### ASIA: TODO A LO GRANDE

Sudamérica es el granero del mundo, pero Asia es donde más humanidad hay concentrada. Asia acumula el 61 por ciento de la población mundial, y lo que es más grave: dos tercios de la gente que pasa hambre en el mundo. Y esto supone un problema: hay que alimentar a la población creciente. En los últimos años, potencias como la India o China han vivido un proceso de industrialización, lo que supone que, como pasó en España durante el siglo XX, mucha gente abandone el campo para vivir en la ciudad. Y hay que alimentarlos. Estos retos se están resolviendo de diferente forma, alguna más agresiva que otra. China se ha convertido en un gran importador de comida, pero últimamente hay otro fenómeno. China, la India, Arabia Saudí y algunos países del este de Europa están comprando grandes extensiones de tierra en África como forma de dar de comer a su población. Esto a veces se hace en connivencia con gobiernos que no son precisamente transparentes ni ejemplares.

China se toma los temas de alimentación muy en serio. De hecho, al paso que vamos me da que dentro de unos años en vez de aprender inglés aprenderemos chino en los colegios. Un día después de presentarse la primera planta transgénica, China ya estaba investigando en esta tecnología y, según la información que he podido recopilar, la primera planta transgénica que salió al campo destinada a comercializarse y no a un experimento fue un tabaco resistente a los virus, meses antes que el tomate FlavrSavr. Puedo poner un ejemplo de su constancia. Yo empecé la tesis doctoral en el año 1997. Poco tiempo antes de comenzar, el laboratorio de Ramón Serrano había hecho una publicación donde describía una planta transgénica de *Arabidopsis*, el sistema más utilizado en investigación en plantas. Al poco tiempo contactó alguien de la embajada china pidiéndole las semillas que describía en la publicación. Durante mi tesis hice una colaboración con un grupo de Canadá que había publicado en *Science* que había conseguido tolerancia a la salinidad expresando una proteína capaz de acumular sodio en un compartimento de la célula llamado vacuola... Y también recibió una solicitud de las semillas desde el gobierno chino. Y, por último, un servidor de ustedes, después de una publicación en 2014, recibió una carta, esta vez de un profesor chino. Que alguien solicite materiales publicados en ciencia es frecuente, pero normalmente te dicen por qué están interesados, en qué trabajan y qué quieren hacer con él. Solo me pedía las semillas. Pero es que la cosa va más en serio. Un buen amigo mío que tiene una empresa de biotecnología quería adquirir un aparato de ultrasecuenciación, carísimo, que te permite leer muchas bases de ADN en poco tiempo. Son de los que se utilizan para secuenciar genomas. Cuando tenían el acuerdo cerrado para comprar uno la empresa le dice que tardará casi seis meses en servirlo porque el gobierno chino acababa de comprar ciento cincuenta aparatos. Y por si no quedara claro, China se ha hecho con Syngenta, la multinacional agrícola propietaria, entre otros, del registro del tomate Kumato y de otras muchas variedades, transgénicas o no. Pregunta a los grupos anticapitalistas que también son anti OGM, ¿Cuba y China siguen siendo comunistas?

Sin embargo, esta apuesta decidida por parte de China tiene su contrapartida. He insistido a lo largo de este libro en que la regulación a la que están sujetos los OGM es muy estricta. En Europa llega a ser asfixiante.

En el continente americano, en los países donde se están sembrando es estricta pero práctica, ya que permite el desarrollo y utilización de la tecnología, y a la vez evita cualquier efecto ambiental o de salud no deseado. Por el contrario, China no es un prodigio de transparencia y su legislación puede ser laxa en algunos aspectos. Ahora mismo no hay ninguna variedad de arroz OGM autorizada para siembra, y, sin embargo, se ha detectado alguna partida de arroz proveniente de China que contenía arroz OGM, por lo que a ciencia cierta no sabemos cuántas ni qué variedades se están sembrando, aunque estas variedades suelen ser para el mercado interno, ya que los controles en frontera son muy exhaustivos. Dicho esto, que nadie se asuste si se va de vacaciones a China. Vas a comer OGM, igual que si vas a Estados Unidos o a Cuba, pero todo indica que son seguros. De todas formas, Syngenta es una multinacional implantada en muchos países del mundo, así que si ahora va a depender del gobierno chino tendrá que acostumbrarse a cumplir las legislaciones vigentes, o le van a inflar a multas.

La India es un caso peculiar. Es el segundo productor mundial de algodón, hombro a hombro con China, y en su mayoría este es OGM. Las circunstancias de la India son bastante especiales. Se calcula que en los últimos cuatro siglos en la India han muerto de hambre más de sesenta millones de personas. La colonización británica dejó el sistema agrícola absolutamente desolado, ya que la producción se centró en alimentar a los ejércitos y en cultivos para exportación, no para alimentar al propio país. Sin embargo, la India fue de los países más beneficiados por la segunda revolución verde, pasando de importar once millones de toneladas de grano en 1966 a producir más de dos mil millones de toneladas en la actualidad y a ser un exportador de grano. En cincuenta años la producción agrícola se disparó desde los setecientos millones de toneladas a los dos mil millones actuales en prácticamente la misma superficie.

No obstante, a pesar de estos datos tan significativos, existe una cierta corriente de opinión que se empeña en ocultar los logros de esta revolución verde. Esta corriente, cuyo ruido, todo sea dicho, es más fuerte en los países occidentales que la relevancia que tiene en la India, está articulada alrededor de un personaje tan controvertido como Vandana Shiva. Proveniente de una rica familia de brahmanes, durante mucho tiempo se presentó como una de

las físicas nucleares más relevantes de su país, con el detalle a mencionar de que nunca ha trabajado como física y que su única aportación es un artículo sobre la filosofía de la mecánica cuántica. Se ha autoerigido como portavoz de los campesinos pobres con acciones muy cuestionables. Por ejemplo, en 1999 un ciclón dejó miles de víctimas en el estado de Orissa. El gobierno americano y la ONG Oxfam enviaron toneladas de ayuda humanitaria que incluía maíz OGM. Vandana montó una campaña en contra de recibir esta ayuda humanitaria, y cuando Oxfam y el gobierno de la India anunciaron que no iban a cambiar sus planes lanzó duras condenas contra ambas organizaciones.<sup>17</sup> Es llamativo si consideramos que el maíz que enviaron es de uso común en Estados Unidos: resulta que, para Shiva, lo que sirve para que coma un estadounidense no es bueno para alguien que acaba de perderlo todo por una catástrofe natural.

La India ha experimentado un gran desarrollo en OGM no alimentarios, pero, en cambio, los alimentarios se han desarrollado con más lentitud debido a esta presión social. En los últimos tiempos el gobierno ha demostrado no estar para historias. En 2015 la India prohibió que Greenpeace recibiera donaciones del exterior. El motivo alegado fue que estaba recibiendo dinero de fuera para realizar acciones que iban en contra del Estado indio y a favor de los países occidentales.<sup>18</sup> Esto compromete la viabilidad de la organización, puesto que en la India apenas tiene socios, lo que cuadra con las alegaciones. Tampoco ayudó en la defensa de Greenpeace el hecho de que se hicieran públicas las denuncias de varias antiguas empleadas por acoso sexual y violación que fue ocultada por los directivos de la organización.<sup>19</sup> Pakistán y Myanmar siguen políticas parecidas a la India y también cultivan algodón OGM.

Otros países de la zona no han tenido estas controversias. Bangladesh ha optado por un sistema similar al de Brasil o Argentina, desarrollando variedades OGM en base a investigación pública. Desde 2014 está cultivando berenjena transgénica. El carácter introducido ha sido la resistencia a los insectos mediante el gen *Cry1Ac*, procedente de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (vamos, la de siempre). Lo que han hecho ha sido introducirla en cuatro variedades locales distintas de berenjena para ser utilizada en cuatro regiones diferentes. Esta berenjena surge de un consorcio público privado con

la Universidad de Cornell y la Agencia Americana de Cooperación Internacional (USAID), que incentiva el desarrollo tecnológico en colaboración con la empresa local Maharashtra Hybrid Seed Company (Mahyco). Como vemos, lo que han hecho es utilizar la biotecnología para ofrecer soluciones específicas a las necesidades de cada zona, adaptándose a los cultivos locales ¿Quién dice que los OGM arrasan con las variedades tradicionales? Nada te impide que estas mejoren por tecnología OGM. Filipinas también está cultivando maíz OGM y alberga prestigiosos centros de investigación en biotecnología vegetal, el más conocido el IRRI, Instituto Internacional de Investigación sobre el arroz en San José de los Baños, donde, entre otros proyectos, están colaborando activamente en el desarrollo del arroz dorado, a pesar de haber sufrido varios ataques por parte de grupos ecologistas.<sup>20</sup> Desde el año 2015 Vietnam también está sembrando maíz OGM. Y recordemos que solo estoy hablando de sembrar; la mayoría de los países, aunque no siembren, sí que importan y consumen.

Puede parecer que de toda Asia solo seis Estados estén utilizando OGM, un porcentaje mínimo. Bueno, Corea y Japón no son potencias agrícolas, aunque la empresa japonesa Suntory, en consorcio con Florigene, comercializa claveles, rosas y crisantemos azules. Irak tiene ahora mismo otras preocupaciones, pero hay un dato demoledor: el 85 por ciento de los agricultores que siembran OGM en todo el mundo están en Asia. Tengamos en cuenta que la India y China son dos monstruos en el terreno demográfico.

#### AUSTRALIA Y OCEANÍA. EL PROBLEMA DE LA SEQUÍA

Hasta ahora he hablado de Europa por proximidad y de América y Asia por volumen de superficie y de producción, pero esto no implica que en el resto del mundo no exista OGM. Australia está sembrando transgénicos, en concreto algodón y colza. De hecho fue uno de los primeros países en adoptar esta tecnología, en 1996. Sin embargo, Australia tiene gran cantidad de zonas desérticas y es muy proclive a las fluctuaciones climáticas; un aumento de temperaturas o disminución de lluvias puede hacer que en muy poco tiempo muchas zonas dejen de ser cultivables. El CSIRO australiano (equivalente del

CSIC) es una potencia en investigación en biotecnología de cereales, con especial interés en circunstancias adversas como la sequía. De hecho, con los recortes, una salida para muchos investigadores españoles está siendo mudarse a Australia. Estamos nutriendo de científicos a los laboratorios de todo el mundo, importamos turistas y exportamos cerebros. No tengo claro que sea un buen negocio. El proyecto de desarrollar trigo tolerante a la sequía tuvo un serio revés cuando Greenpeace ocasionó daños superiores a un millón de euros en las instalaciones.<sup>21</sup>

Indonesia anunció en 2013 que iba a sembrar a gran escala caña de azúcar transgénica resistente a la sequía y que tenía catorce cultivos más pendientes de aprobación, incluyendo una variedad de caña de azúcar tolerante a herbicida, maíz, algodón y plantas que expresan proteínas anticongelantes.<sup>22</sup> No obstante, en las estadísticas oficiales todavía no aparecen recogidos estos cultivos, aunque sí que están desarrollando el aspecto legislativo. Si hay algún lector tan friki como yo, aquí puede consultar el portal indonesio de bioseguridad e informarse de las últimas autorizaciones de cultivos OGM en aquel exótico país: <<http://indonesiabch.or.id/>>.

## ÁFRICA. HAMBRE DE TRANSGÉNICOS

Llegamos al quid de la cuestión. África. ¿Su futuro pasa por la biotecnología? En África es donde habita prácticamente el tercio de la población mundial que pasa hambre y no está en Asia. La agricultura allí tiene ciertos problemas endémicos. La segunda revolución verde prácticamente pasó de largo sin que sus beneficios se dejaran notar en el continente. ¿Va a pasar lo mismo con la tercera?

Hacer un análisis profundo de la agricultura en África es complicado y excede el ámbito de este libro. Hay muchos factores que influyen en su baja producción de alimentos. Para empezar factores físicos. Gran parte del continente tiene un clima demasiado seco o demasiado cálido para la agricultura. Las zonas tropicales tienen el factor añadido de que los suelos son ácidos, a diferencia de las zonas templadas, donde mayoritariamente son

básicos. Además, el aluminio es un elemento muy frecuente en el suelo. En un suelo básico no es problema, puesto que el aluminio no se disuelve, pero en suelos ácidos es soluble y tremendamente tóxico para las plantas. De la misma forma el clima tropical favorece la aparición de determinadas plagas.

Luego están los problemas que no dependen de la geografía. La corrupción de muchos países, las desigualdades sociales y el poderoso influjo de Europa. Hay que pensar que muchos Estados de África siguen siendo económicamente colonias de Europa. Principalmente de Gran Bretaña o de Francia. Solo de esa manera se entiende que países donde buena parte de la gente está por debajo del umbral de la pobreza o donde hay hambrunas, grandes extensiones estén dedicadas al cultivo del cacao, plátanos, piña o café dedicados a la exportación, y no de cereales, que son la base de la alimentación. Esas grandes extensiones están concentradas en muy pocos propietarios, muchas veces ajenos al país, lo que dificulta la redistribución de la riqueza.

A nivel de transgénicos en África también se está dejando notar la influencia europea y muchos países han adoptado medidas restrictivas, en algunos casos rayando en las políticas de opereta, como cuando Robert Mugabe rechazó ayuda humanitaria por una hambruna en Zimbabue en 2002 por incluir maíz OGM.<sup>23</sup> Con este panorama, la investigación en variedades nuevas adaptadas a las peculiaridades africanas no es un objetivo prioritario para ninguna empresa y la investigación pública o en base a fundaciones filantrópicas se encuentra con numerosas dificultades. África tiene tantos problemas que quizás el debate sobre los OGM no sea el prioritario. Creo que la mejor radiografía del problema la hizo la patóloga vegetal keniana Florence Wambugu. En el año 2002 trató de llevar a cabo un proyecto para desarrollar boniatos tolerantes a los virus. Cuando empezaron a arreciar las críticas por utilizar OGM, dijo la famosa frase de: «Me parece muy bien que en Europa discutan sobre si transgénicos sí o no, pero ¿podemos comer primero?».

Las políticas europeas influyen en África y dificultan el desarrollo de la tecnología agrícola. Ya he mencionado que todo un Parlamento europeo votó a favor de instar al G8 para que impida el desarrollo de los OGM en África (y no se les cae la cara de vergüenza). Esto ya lo denunció en su momento Robert Paalberg en el libro *Starved for Science, how biotechnology is being*

*kept out of Africa*: uno de los factores del hambre en África es la falta de ciencia en la agricultura. ¿Exagerado? Mirad en cualquier listado de proyectos de cooperación cuántos incluyen la palabra «agroecología» o «agricultura tradicional» y luego pasad por un supermercado y mirad a ver qué porcentaje de la oferta es de agroecología o de agricultura tradicional. Potenciar un modelo que en Europa no funciona a pesar del ingente caudal de subvenciones es la mejor forma de que los pobres sigan siendo pobres y nosotros seamos ricos. Por cierto, el proyecto de Florence Wambugu falló y sigue sin haber boniatos OGM en el mercado, aunque recientemente han aparecido numerosas publicaciones. Hoy, Sudáfrica está sembrando maíz, soja y algodón; y Burkina Faso y Sudán, algodón. Eso es todo.

Hay fundaciones como la Bill y Melinda Gates, o la 2Blades que tienen como objetivo prioritario el desarrollo de la biotecnología en África. Esperemos que tengan éxito. En África también existen varios centros del CGIAR (consorcio de centros de investigación dedicados a paliar las necesidades de países en vías de desarrollo), algunos de los cuales están desarrollando programas de biotecnología. Uganda, Kenia y Egipto han firmado el Protocolo de Cartagena de Bioseguridad y tienen variedades propias en desarrollo que todavía no se están comercializando.

Por último solo nos queda la Antártida. No se está sembrando OGM. De hecho no se siembra nada. Hace mucho frío.

Y queda abierta una pregunta: ¿como saber si estás comiendo transgénicos o no? Pues depende de cada país.

## CAPÍTULO 9

# ETIQUETAR O NO ETIQUETAR, UNA INTERESANTE CUESTIÓN

En el capítulo anterior he tratado de trazar una panorámica global de cómo se está desarrollando la tecnología transgénica en el mundo. En el año 1996 solo Estados Unidos, China, Canadá, México, Argentina y Australia optaron por ella. Actualmente, hay más de veintiocho países en el mundo y dieciocho millones de agricultores que utilizan transgénicos, lo cual no quiere decir que solo se puedan conseguir alimentos OGM en esos dieciocho países. Recordemos que muchos no siembran pero sí que importan, entre ellos toda la Unión Europea incluyendo Alemania y Francia, donde se supone que están prohibidos, Rusia, Tailandia o Japón. Y aquí llega el dilema entre científico y consumidor: ¿es necesario etiquetarlos? ¿Tiene alguna utilidad?

En Europa hay numerosas organizaciones ecologistas que todavía exigen etiquetar los OGM, sin haberse enterado de que esa ley lleva vigente desde 2003. Greenpeace lo exigía en una campaña de 2009..., seis años después de que la ley entrara en vigor.<sup>1</sup> Un año de estos pedirán la abolición de la esclavitud en las colonias. En Europa los OGM destinados a alimentación están etiquetados. De hecho en todo el mundo hay 64 países que establecen leyes para el etiquetaje de productos alimentarios OGM (pero ninguno para el de farmacéuticos o textiles, menuda discriminación). El primer país en superficie sembrada con OGM, Estados Unidos, no etiqueta; el segundo, Brasil, sí lo hace; el tercero, Argentina, no etiqueta; el cuarto, la India, sí lo hace, y el quinto, Canadá, no. Por lo tanto, la primera conclusión es que etiquetar los OGM no depende de la importancia que tengan en la agricultura del país.

## ¿PARA QUÉ SIRVE UNA ETIQUETA?

El etiquetado es básico para saber qué estamos ingiriendo, de dónde viene y hasta cuándo es seguro consumirlo. Uno de los mayores avances del siglo xx que disfrutamos en el XXI han sido las mejoras en seguridad y trazabilidad de los alimentos. Hoy en cualquier supermercado encuentras prácticamente todos los artículos debidamente etiquetados con la información de su composición, los aditivos que contiene, su fecha de caducidad o consumo preferente, su origen y fabricante. Esto es básico para poder saber qué estamos ingiriendo y, sobre todo, por si hay algún problema, poder remontarnos hacia atrás en la cadena y localizar el foco del mismo. Ejemplo práctico: crisis de la carne de caballo en las hamburguesas. En tiempo récord se pudo trazar el origen de las contaminaciones y solucionar el problema. Esto habría sido impensable hace unos años.

¿Es necesario en el caso de los OGM? Yo creo que no, puesto que no aporta nada al consumidor. El azúcar que proviene de la remolacha OGM es exactamente igual que el azúcar que viene de la remolacha no OGM. ¿Qué sentido tiene etiquetar algo cuando el alimento es el mismo? Sucede igual con el resto de los OGM alimentarios. En aquellos en los que te comes la planta entera (una mazorca de maíz OGM, por ejemplo) la diferencia es un trozo de ADN y la proteína que codifica, que posiblemente estás ingiriendo de forma natural con alguna bacteria y que en tu estómago va a quedar reducida a nada. Por lo tanto es irrelevante. Siguiendo este mismo criterio, el de indicar el origen, se podría etiquetar, por ejemplo, si el azúcar de tu bebida es de remolacha o de caña, en qué puerto se ha descargado la sardina de tu lata o, ya que estamos, si el producto con la etiqueta de «ecológico» que te has comprado se ha acogido a alguna de las numerosas excepciones del reglamento o no, ya que lo que te compras como ecológico puede que se haya hecho con semilla no ecológica o con pienso no ecológico.

Pero vayamos a los hechos. ¿Hay realmente una demanda por parte de los consumidores? ¿La gente lo pide? Pues sinceramente creo que no. Hace años, cuando Greenpeace publicaba la lista roja y verde de alimentos que contienen OGM conseguía cierta cuota mediática; sin embargo, encontrar las últimas ediciones (de hecho pensaba que ya no se editaba) me ha costado

bucear un buen rato por internet. Tampoco tiene mucho misterio, consiste en dejar mal a las grandes multinacionales de la alimentación y bien a las que tienen línea ecológica. De hecho la organización exige a las empresas que demuestren que no utilizan OGM y si no lo demuestran de una forma que ellos consideran satisfactoria la ponen en la lista. Suena a una cierta coacción, pero de buen rollo.

En algunos casos las organizaciones ecologistas hacen análisis para ver si las empresas realmente no utilizan OGM. Otra organización, Amigos de la Tierra, hace unos años lanzó una campaña para la localización de los cultivos de maíz transgénico comercial llamada «Se busca maíz MON810» (el único transgénico que se siembra en Europa), en cuyo elocuente cartel aparecía una mazorca de maíz tras los barrotes de una cárcel. En esa campaña animaban a la gente a meterse en los campos de maíz (un allanamiento de una propiedad privada en toda regla) y hacer análisis mediante unas tiras reactivas, bastante caras, pero que ellos mismos te regalaban junto con unos guantes, un tubo de plástico de los que se utilizan en un laboratorio y unas pajitas para beber (por si te entraba sed, supongo). Lo que no dicen Greenpeace ni Amigos de la Tierra en sus respectivas campañas es que tanto las enzimas que se utilizan para hacer los análisis como las tiras reactivas para analizar el maíz se hacen utilizando... transgénicos. O lo que es igual: usan transgénicos para decirte que no quieren transgénicos. Como mínimo resulta curioso.

La ley obliga a etiquetar que algo contiene transgénicos, una etiqueta en Europa que diga «no contiene OGM» bordea la legalidad. Sería como una etiqueta que pusiera, no contiene *E. coli*. ¿Qué quieres decir? ¿Que la competencia sí? La ley obliga a que no esté contaminado, de la misma forma que obliga a etiquetar si contiene transgénicos, no lo contrario. Yo aplico mi propio principio de precaución y nunca compro nada con una etiqueta de «no contiene transgénicos». Esto es como los magos, que dirigen la atención a una mano y te hacen el truco con la otra. Si quieren que me fije en eso es que algo quieren colarme. Incluso hay empresas que explotan esta fiebre

antitransgénica. Puestos a buscar etiquetas divertidas, los lectores de mi blog me han hecho llegar etiquetas reales de sal y agua libres de transgénicos. ¡Ah! Y si hay alguno que esté muy preocupado por el efecto de los OGM sobre la salud, existe un papel de fumar libre de OGM que seguro que es sanísimo. Creo que voy a pedir que etiqueten el agua con una advertencia «cuidado, moja» y a exigir comida libre de átomos y moléculas, que eso suena muy mal.

¿LA ETIQUETA INFLUYE EN EL CONSUMIDOR?

¿Qué algo se etiqueta como que contiene OGM hace que se venda menos? Puedo aportar mi experiencia personal. En el supermercado de debajo de mi casa hace tres años pusieron en el lineal unos huevos donde se etiquetaba claramente y en grande «de gallinas alimentadas con soja y maíz no OGM». Al margen de retorcer la legalidad, valían el doble que los otros y solo había diez por cartón, ni siquiera ponían una docena. Tres meses después ya no estaban. Por las mismas fechas llegó una harina de maíz, de una marca sudamericana, de la que se utiliza para hacer arepas (parecidas a las *coques de dacsá* de mi zona). El paquete venía correctamente etiquetado como «contiene maíz OGM». Se sigue vendiendo. Dudo que ningún comprador haya reparado en el detalle. Lo mismo pasa con algunas marcas de lecitina de soja. Pero dejémonos de experimentos de estar por casa (soy científico ante todo) y de mis percepciones, que no tienen más valor que el que tú, lector, quieras darle.

En cuestión de etiquetas Brasil es el caso paradigmático, puesto que es el segundo productor mundial y los alimentos OGM vienen marcados con un triángulo amarillo bien visible. No sé de quién fue idea, pero es de muy mal gusto; dos triángulos de esos formando una estrella de David era lo que distinguía a los judíos en un campo de concentración. No hace falta ser muy malpensado para ver la analogía. En Brasil la gente consume indistintamente OGM o no. No se retiran de los lineales. A la gente le da igual. El etiquetado solo es una presión por parte de los grupos ecologistas, que utilizan un perverso argumento circular. Para solicitar el etiquetado dicen «si son

inocuos, ¿qué problema hay en que se etiqueten y que la gente elija?». Suena bien. El problema es que en los países donde el etiquetado es obligatorio esos mismos grupos ecologistas dicen «Y si es inocuo, ¿por qué se etiquetan?». No es nuevo, esto mismo pasó con la sacarina y las etiquetas sobre su presunta toxicidad que se pusieron en determinados países, a pesar de que se basaban en datos muy cuestionables.

Que los alimentos OGM estén etiquetados ¿supone una mayor seguridad alimentaria o una mayor información nutricional? No, en absoluto. La prueba es que en Europa estamos etiquetando, pero luego te vas a Estados Unidos o a Cuba, no vamos a sesgar ideológicamente, y te puedes encontrar el mismo OGM en la comida sin etiquetar... Y seguramente te lo comerás sin quejarte. No parece que nos estemos convirtiendo en mazorcas de maíz con colmillos cuando salimos de Europa. Además, no hace falta viajar para comerte un OGM sin etiquetar. He hecho una pequeña trampa. Al principio de este apartado he dejado caer, como el que no quiere la cosa, que la ley obliga a etiquetar OGM alimentarios, no farmacéuticos o textiles. Si abres un paquete de pastillas verás que en el prospecto puede poner: «Excipiente: almidón de maíz c.s.p.». Ese almidón de maíz puede ser perfectamente transgénico y no ir etiquetado, puesto que es un fármaco, no un alimento. Si ese mismo almidón apareciera en una magdalena, ya debería ir etiquetado. Por lo tanto, te comes lo mismo, con etiqueta o sin ella.

## LA ETIQUETA ES CARA

Un detalle en el que nadie parece reparar es que la etiqueta de «contiene OGM» nos cuesta muchísimo dinero. Solo hay que ver lo que ha pasado en Estados Unidos. En algunos estados como California y Oregón se ha votado en referéndum sobre si etiquetar los OGM, y el resultado ha sido negativo. ¿Por qué? ¿Los ha comprado Monsanto? ¿Se han vendido a las aspirinas de Bayer? Muy fácil, por algo que nunca nos explican nuestros políticos. Etiquetar es muy caro. Una ley que obligue a etiquetar obliga a dotar de una partida presupuestaria para realizar inspecciones y análisis, asegurar que se cumple la ley y poner sanciones en caso de incumplimiento. En Europa ahora

mismo estamos gastando millones de euros en hacer análisis para que se cumpla esta ley y no importar alimentos sin la correspondiente etiqueta de «contiene OGM». Además, es una ley bastante complicada de cumplir. Solo podemos detectar un OGM por el hecho de que queden restos de ADN o proteína. En el producto entero no es problema, pero en algunos elaborados basados en lípidos o azúcares (margarinas, aceites, azúcar de mesa) puede que los restos de ADN o proteínas estén por debajo del nivel de detección, lo cual quiere decir que el resultado del análisis será negativo para OGM y no se etiquetará. Lo mismo podría decirse de muchos productos que han sido sometidos a tratamiento térmico severo, como los típicos fritos de maíz, donde los análisis pueden funcionar o no.

Ya he dicho antes que yo prefiero comerme algo que tenga OGM, etiquetado o no, que algo que esté etiquetado como «no contiene OGM». Seguro que habéis pensado que era una de las mías. Realmente no lo hago por militancia, sino por pura seguridad. Y puedo explicarlo. En Estados Unidos hay empresas que buscan el nicho de mercado anti OGM, pero esto es muy caro y los recursos son limitados. A principios de 2014, la cadena de comida mexicana Chipotle anunció que iba a servir solo productos no transgénicos. En las inspecciones se detectó que estaba etiquetando como no transgénicos productos que lo eran, lo que le obligó a reforzar los controles. Pero si gastas más dinero en esto tienes menos para otras cosas, como para la seguridad alimentaria. Chipotle ha sufrido la mayor crisis en una cadena alimentaria por contaminación con *E. coli*, con cientos de personas intoxicadas y de más de cincuenta restaurantes cerrados.<sup>2</sup> Es lo que tiene anteponer ideología a ciencia. Eso, y que etiquetar es muy caro.

## EL RESPETO A TODOS LOS CONSUMIDORES

La actual ley de etiquetado en Europa supone *de facto* una vulneración de los derechos de los consumidores que queremos consumir OGM, ya que esta etiqueta tiene un efecto disuasorio y hace que muchas compañías opten por no incluirlos. Vamos a ver la situación inversa: en los países donde no se etiqueta, ¿se vulneran los derechos de los consumidores que no quieren

consumir OGM? En absoluto. En Estados Unidos, como en todas partes, hay un nicho de consumidores que por los motivos que sea (todos respetables) no quiere consumir OGM. Consumidores que luego, si lo necesitan, se inyectan insulina transgénica bajo la piel sin poner inconvenientes. En Estados Unidos tienen el recurso de consumir ecológico. Por normativa, un producto ecológico no contiene OGM, por lo que aunque un consumidor no esté demasiado interesado por esta alimentación si no quiere consumir OGM esta es una opción. Otra de las opciones que tiene alguien que no quiera consumir transgénicos en Estados Unidos, además de consumir ecológico, es acudir a alguna de las certificaciones privadas que garantiza que un alimento no contiene OGM. Son más caros, pero uno se paga su certificación, no como en Europa, que la pagamos todos sin que nadie nos pregunte si queremos consumir OGM o no. De la misma forma que si alguien por motivos religiosos quiere consumir alimentos Kosher o Halal, siempre puede acudir a alimentos certificados de esta manera, pero no tendría sentido obligar a que toda la alimentación siguiera esta normativa. Por lo tanto, obligar como norma general a etiquetar los OGM es caro y poco práctico. En Europa todo es libre de OGM salvo que esté etiquetado, al revés que en Estados Unidos, donde todo puede ser OGM salvo que se diga lo contrario. Este exceso europeo de celo normativo contra los transgénicos ha quitado un nicho de mercado a los productos ecológicos, puesto que podrían anunciarse con el carácter distintivo de estar libres de OGM, algo que a nivel de marketing funciona muy bien en Estados Unidos, pero en Europa, al ser todo sin OGM, es irrelevante. Europa quiere ser anti OGM y a la vez promocionar la alimentación ecológica. Pues parece que todo a la vez es complicado. En el pecado lleva la penitencia.

Por cierto, si existe gente que no quiere transgénicos quizá sea porque la información que le ha llegado no sea correcta del todo, o que sea directamente falsa.

## CAPÍTULO 10

# TRANSGÉNICOS, MENTIRAS Y VÍDEOS DE YOUTUBE

Amiga lectora, amigo lector. Si has llegado hasta aquí es más que posible que en algún momento del libro alguna afirmación sobre la tecnología o el impacto social te haya sorprendido porque no se ajustaba a la idea que tenías. No es de extrañar. Una encuesta de la Fundación BBVA del año 2012 indicaba que el 64,6 por ciento de los españoles piensa que un tomate normal no tiene genes, pero que un tomate transgénico sí. Realmente a estas alturas espero que haya quedado claro que todos los tomates tienen muchísimos genes y que no hay tomates transgénicos en el mercado (todavía).

En realidad, el problema que ha tenido el desarrollo de esta tecnología, principalmente en Europa, ha sido un problema de comunicación. A la opinión pública le ha llegado una imagen falsa de lo que realmente era y para qué servía. Peligros hipotéticos o remotamente posibles se han presentado como ciertos y los beneficios se han tapado, a pesar de que gran parte de la población ya los está disfrutando. ¿Cómo se ha llegado a esta situación? Pues por una conjunción de determinados factores que veremos en este capítulo. Como toda ignorancia u opinión fundada en creencias y no en evidencias, las consecuencias están siendo muy caras y las estamos pagando todos.

### A LOS CIENTÍFICOS NOS DAN MIEDO LOS MICRÓFONOS

Antes que repartir culpas de por qué ha fallado la comunicación en el tema de los OGM y «transgénicos» se ha convertido en una palabra maldita, lo primero que habría que hacer es asumir las culpas propias. Los científicos

nunca nos hemos preocupado por la comunicación. En general somos gente que tenemos que pasar muchas horas en el laboratorio, o dirigiendo tesis o trabajos de fin de máster, o haciendo interminables gestiones administrativas, o rellenando formularios jeroglíficos para que nos den dinero para investigar, o justificando ese dinero que nos han dado sin tener ni idea de contabilidad. Y luego, cuando salimos del laboratorio, también tenemos una familia y algunos hasta alguna afición, o algo que nos gusta hacer en el escaso tiempo libre. Contar lo que haces o atender a la prensa significa ceder algo de un bien muy preciado, el tiempo. Como en la novela *Momo*, de Michel Ende, el tiempo es algo que como humo se va. Muchos de mis compañeros no saben quién es el responsable de prensa de la universidad (Luis Zurano, un saludo). Para muchos científicos la comunicación se limita a publicar artículos científicos, esos que se valoran en el currículum pero que casi nunca interesan a los medios. A veces publican cosas excepcionales de las que solo se enteran los colegas de todo el mundo que trabajan en el mismo tema, porque ni piensan que le pueda interesar a nadie. La comunicación nunca ha sido una prioridad para los científicos.

Valga de ejemplo una anécdota muy reciente. El premio Nobel de Química del año 2016 fue otorgado al descubrimiento de las máquinas moleculares. Contactan conmigo desde la oficina de prensa del CSIC para ver si puedo hablar del tema. Les digo que lo haría encantado, pero que no es mi campo y que tengo un amigo que trabaja en ello que podrá explicarlo mucho mejor. A los pocos días lo encuentro y le pregunto si le han llamado. Me dice que sí, pero que estaba ocupado y que les había redirigido a un colega suyo, que les había dicho que no podía atenderles. Sinceramente, puedo entender esta actitud, pero me parece un error. Para empezar trabajamos con fondos públicos, explicar lo que hacemos o ayudar a entenderlo es lo mínimo para retornar el dinero que la sociedad nos está dando. Por otra parte, esto te quita el derecho a quejarte si en un medio de comunicación hablan de tu tema pero lo explican mal, o habla alguien que no tiene ni idea (algo que nos ha pasado a todos los científicos). Si acuden a ti porque eres el que más sabe y no te pones al teléfono, luego no te quejes si lo explica alguien que sabe menos y lo hace mal. Hace poco estuve en el comité científico de un congreso en

Zaragoza sobre Gastronomía y Salud en el que se intentaba acercar el mundo de los grandes chefs al de la ciencia. Nos costó mucho más encontrar científicos que chefs dispuestos a participar.

#### CUANDO LA EQUIDISTANCIA ES MALA COMUNICACIÓN

Esta desidia de los científicos es un problema, porque, como en el juego de las sillas, si tú no ocupas un espacio lo ocupa otro por ti. La mayoría de los periodistas tienen una agenda de contactos, las llamadas fuentes confiables, a las que acuden cada vez que hay alguna noticia sobre un tema determinado; si no te conocen, no estás en la agenda. En el tema de los transgénicos hay un problema adicional. En la mayoría de los medios de comunicación, ciencia y medio ambiente comparten sección. De hecho es bastante frecuente que el responsable provenga de medio ambiente. En la agenda de un periodista de medio ambiente están los teléfonos de todos los jefes de prensa o campaña, o de los responsables de todos los grupos ecologistas, que normalmente están bombardeándolos a notas de prensa de todas sus movilizaciones. Localizarlos es fácil, y aunque no les localices ya se preocupan ellos de darte contenidos. Esto es vital si tenemos en cuenta que la comunicación funciona a contrarreloj y a veces hay que sacar una pieza o una noticia de algo que acaba de saltar en el teletipo. Tradicionalmente, sobre OGM se solía entrevistar a alguna organización ecologista, porque el periodista sabía dónde estaba y que le iba a atender. El problema era que lo que le decía no necesariamente era cierto, pero al ecologista lo conocía y se le ponía al teléfono y el científico no. Debo decir que desde que tengo un blog y presencia en redes sociales, y soy fácilmente localizable a golpe de clic, suelen contactar conmigo para comentar noticias como que 110 premios Nobel han escrito una carta acusando a Greenpeace de bloquear el arroz dorado o que se presenta un salmón transgénico. Siempre les atiendo a pesar de que a veces me pillan liado, no sea que llamen a un ecologista que diga alguna barbaridad.

Esta no es una afirmación gratuita. Muchas organizaciones ecologistas utilizan el principio maquiavélico de que el fin justifica los medios y no tienen ningún reparo a la hora de mentir. Un ejemplo práctico: en 2002

Ecologistas en Acción anunció que habían encontrado un pez con tres ojos en el Ebro debido a la contaminación producida por la central nuclear de Garoña, y que había unos científicos alemanes que habían hecho un estudio detallado que iban a publicar en *Science*. La propia organización reconoció días después que mintió para buscar impacto mediático. Los responsables de este comunicado siguieron trabajando en la organización.<sup>1</sup> Esta actitud no ha mejorado con el tiempo. A principios de 2017 Ecologistas en Acción publicó un informe sobre política forestal que el Colegio de Ingenieros de Montes calificó textualmente de «confuso, frivoliza con los incendios y fomenta el desapego hacia determinados bosques».<sup>2</sup>

Otro problema que ha tenido la comunicación sobre transgénicos es la falacia del principio de equidistancia. Hace unos años tuve la suerte de coincidir en una conferencia con el único premio Nobel de Ciencias vivo de habla hispana (muy triste que solo haya uno, el medallero de premios Nobel español es deprimente). El profesor Molina ganó el Nobel por describir las reacciones químicas en la atmósfera que degradaban la capa de ozono y alertar de los peligros que suponía. En estos temas yo siempre me fío más de los científicos que de los activistas. En los últimos años imparte muchas conferencias alertando de los riesgos del cambio climático. En su charla se quejaba de que cuando va a un debate y le ponen enfrente a un negacionista del cambio climático, la imagen que se está dando es que es un debate abierto y que la opinión es un 50-50, cuando las encuestas dicen que menos de un 2 por ciento de científicos en Estados Unidos niegan que se esté produciendo un cambio climático antropogénico. Algo así nos pasa en el tema de los OGM: los debates se plantean como si existiera un debate científico, cuando a nivel científico no hay ningún debate, en todo caso es a nivel social. De hecho los argumentos que utilizan los anti OGM nunca tienen base científica.

El principio de equidistancia puede ser más perverso todavía, ya que a veces supone poner en categoría de igualdad opiniones ciertas con opiniones falsas. Por ejemplo, cuando en 2013 salió la noticia de que iba a comercializarse el primer salmón OGM varios medios de comunicación dieron la noticia ofreciendo lo que ellos llaman «las dos versiones». Una fue la de José Pío Beltrán, profesor de investigación del CSIC. Para dar la «otra versión» el escogido fue Luis Ferreirim, de Greenpeace, cuya trayectoria ha

estado siempre vinculada a organizaciones ecologistas. De momento ya ponían al mismo nivel a una autoridad en el tema con alguien cuya única aportación ha sido ir a manifestaciones y poner pancartas. Ferreirim dibujó un futuro apocalíptico en el cual hablaba de especies de acuicultura que se escapan, y textualmente cita que «hay un modelo experimental, el gen troyano, según el cual la liberación de sesenta peces transgénicos podría llevar a la extinción de una población salvaje en solo cuarenta generaciones». Cualquiera se asusta, el problema es que parecía haberse olvidado de que los salmones OGM son todos hembras estériles. Citó un estudio que no era extrapolable, pero un lector normal no tiene por qué saber esto. El periodista ponía este comentario (falso) al mismo nivel que la información que estaba dando un verdadero experto en el tema. El discurso de Ferreirim, en un tono mesiánico y ludita, sostenía que la gente no quiere OGM y que la investigación no es necesaria.

Otras dos afirmaciones cuestionables que se presentan como ciertas: ¿realmente la gente no quiere OGM? Pues parece que los están utilizando todos los días con la ropa de algodón o los medicamentos, y en cuanto a decir que no hace falta investigar... En fin. De hecho, textualmente hablaba de «seguir malgastando dinero en investigación con transgénicos», toda una declaración de intenciones. Me gustaría que se lo preguntara a los sojeros argentinos o a los algodoneros indios que ahora tienen una vida digna gracias al abaratamiento de costes. O a los que ahora viven gracias a medicinas que son posibles gracias a organismos transgénicos. Lo preocupante es que el periodista acabó la noticia haciendo referencia a las afirmaciones de Ferreirim y diciendo: «Ahora que juzgue el lector: ¿lo son?». Un artículo de este tipo no permite que el lector juzgue. Si se presentan dos opiniones, pero una está viciada, la imagen que está dando de la cuestión es falsa y la opinión que se va a formar el lector con toda probabilidad será equivocada. Sería como tener que decidir en un caso penal donde la mitad de las pruebas se han falsificado. Transmitir así este tipo de noticias tiene un punto de irresponsabilidad. Imaginemos que algún político lee las declaraciones de Ferreirim, se las cree y decide bloquear toda la investigación en OGM. La ciencia tiene la obligación de ir siempre un paso por delante de los problemas. En Hawái se salvó la producción de papayas gracias a que ya se

había desarrollado una papaya transgénica resistente a los virus. Ahora mismo hay un montón de proyectos que desarrollan plantas transgénicas resistentes a cualquier tipo de circunstancia adversa que en algún momento pueda suponer un problema. Si los frenamos porque lo pide Greenpeace y aparece una plaga o una sequía importante, ¿cómo le vamos a hacer frente? ¿Poniendo pancartas? ¿Sacando las zódiacs? ¿Diciendo cosas feas de Monsanto?

Esta actitud lleva implícita una evidente doble moral. Cuando Teresa Romero se infectó de Ébola en 2014 se probó un tratamiento experimental desarrollado en plantas transgénicas de tabaco.<sup>3</sup> Aquí nadie puso ninguna objeción al uso de un transgénico que prácticamente no había pasado ningún control ni se oyó voz alguna de ninguna organización ecologista, ni ningún periodista quiso dar las dos versiones del tema. Si tenemos en cuenta que se muere más gente de hambre que de Ébola, no deja de ser paradójico que un transgénico que sirve para aumentar la producción de alimentos y que ha pasado todos los controles se encuentre con la oposición en pleno de los grupos ecologistas y la reticencias de los medios de comunicación, pero nadie se cuestione un transgénico que se prueba para curar a una persona.

Hay otros casos donde la forma en la que el periodista presenta la noticia ya predetermina la opinión del público, sin ninguna equidistancia. Por ejemplo, en 2011 el gobierno anunció que iba a preparar una lista pública de parcelas y campos donde se sembraban OGM. La noticia fue recogida por el desaparecido diario *Público* con el titular «El gobierno prepara una lista negra de agricultores que siembran transgénicos»,<sup>4</sup> que merecería un análisis en la añorada sección del «Curso de ética en periodismo» que mi amigo Juanjo de la Iglesia realizaba en el *Caiga quien caiga*. En el cuerpo de la noticia se encuentran afirmaciones tan peculiares como: «El gobierno no incentivará el cultivo de transgénicos, aunque en la práctica lo desincentivará. Los propietarios de las tierras tendrán que comunicar en qué parcelas exactas plantan transgénicos y de qué tipo son» y «La creación de esta lista negra de agricultores transgénicos, con un indudable poder disuasorio, se concretará mediante un real decreto antes de que termine la legislatura». Y otras tan capciosas como «Los agricultores tendrán que retratarse ante la opinión pública».

La noticia real era: la elaboración de un registro público, que es una de las muchas medidas de control, se convierte en excusa para criminalizar a una tecnología. Voy a ser malo. Imaginemos que la noticia fuera «El gobierno prepara un registro de clínicas que practican medidas legales de interrupción del embarazo» y cambiemos «agricultores» por «médicos». ¿Alguien se imagina una noticia de prensa con frases como «los médicos que practiquen interrupciones voluntarias del embarazo tendrán que retratarse» o que «la práctica es legal, pero esto es una medida disuasoria»? Creo que sería imposible que alguien presentara así una noticia, pero contra los OGM parece que vale todo. Por cierto, seis años después, si esto fue una medida disuasoria se saldó con un rotundo fracaso, puesto que el cultivo de OGM ha seguido creciendo.

A veces el peligro viene desde dentro, y la gente que se supone que tiene que defender a los agricultores, o que por lo menos sabe del tema, es la que más daño hace. Por ejemplo, cuando la famosa crisis del pepino de 2011 Alemania estuvo dando palos de ciego durante unas semanas y acusó al pepino español del brote que causó 47 muertes. Realmente fueron unos brotes de fenogreco (ecológico, ¿le extraña a alguien a estas alturas?). Sin embargo, durante esos momentos de incertidumbre, Miguel López, secretario general de la COAG, no tuvo ningún reparo en manifestar que había sido por una bacteria desarrollada en un laboratorio que se había escapado.<sup>5</sup> Al final todo fue por causas naturalísimas, pero ya había acusado sin ninguna prueba a todos los científicos.

Solo he puesto varios ejemplos cercanos, pero queda claro que los medios de comunicación muchas veces no han tenido el más mínimo rigor y han colaborado, voluntaria o involuntariamente, en crear esta mala imagen de la tecnología para el gran público, ayudados en buena medida por la desidia de los propios científicos. Pero a veces la guerra se hace en las trincheras.

En la batalla comunicativa sobre los OGM los combates cuerpo a cuerpo se han establecido en los debates. Organizados por las más variopintas organizaciones, es difícil encontrar a algún científico que trabaje en OGM que nunca haya participado en algún debate organizado por algún medio de comunicación, universidad, comunidad de vecinos o centro cultural. Mi opinión es que adolecen del mismo problema que los mítines políticos: la gente que va ya está convencida de antemano y su utilidad es bastante limitada. Sin embargo, son una fuente inagotable de anécdotas y momentos peculiares, y son interesantes para ver algunos detalles de la guerra comunicativa.

Para empezar, cuando un científico acude a uno de estos debates normalmente tiene las de perder. Ya he comentado antes que un científico por definición es alguien muy ocupado. En cambio, delante suele tener a alguien que ejerce de portavoz de alguna de estas organizaciones, cuyo único trabajo es atender a la prensa y acudir a este tipo de eventos; por lo tanto, tenemos a un profesional luchando con un *amateur*. El siguiente fallo que comete un científico es plantear este tipo de debates como científico, es decir, aportando datos y cifras que apoyen su argumentación. El contrario se dedicará a llevar el debate al campo emocional, a utilizar eslóganes y mensajes facilones que conecten con la audiencia, aunque no sean ciertos. Por ejemplo, Mertxe de Renobales, catedrática de la Universidad del País Vasco, en un debate con Juan Felipe Carrasco (antiguo encargado de la campaña de transgénicos de Greenpeace) empezó exponiendo datos sobre la adopción de los cultivos OGM para demostrar que no hay ninguna evidencia de su peligrosidad para la salud o el medio ambiente. Juan Felipe le reprochó su actitud diciendo que los datos no le interesan a nadie, para continuar soltando las típicas soflamas militantes. Mertxe replicó que los OGM son un tema científico, y que esos temas se basan en datos, no en frases de sobre de café. A veces la cosa puede ensuciarse todavía más. En un debate en la Universidad de Almería con un cargo directivo de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, este empezó su intervención diciendo que lo primero que tenía ganas de hacer con alguien que defiende los OGM como Mertxe de Renobales es tirarle del pelo y pegarle, pero como la noche antes habían cenado juntas había visto que era una persona normal. Creo que sobran los comentarios.

Otra estrategia típica del oponente o del público previamente convencido es que ante la falta de argumentos te insulten. Puedo decir que yo he recibido todo tipo de desplantes, insultos y menosprecios en debates públicos. Se ve como normal que alguien te diga que «Estás a sueldo de Monsanto», o «¿A ti quién te paga?». La realidad es que yo soy el que tiene libertad de hablar en un debate público, puesto que mi puesto de trabajo no depende de eso y mi financiación tiene relación directa con lo que publique en revistas científicas, no con lo que diga en los debates. ¿Puede decir lo mismo un representante de Greenpeace o Amigos de la Tierra? Aunque nadie se lo dice, su sueldo sí que depende de ser anti OGM, y si no lo fuera se quedaría sin trabajo, ya que él/ella vive de eso. Y un científico no. Por ejemplo, en mi universidad hay un grupo de agricultura ecológica y a veces he debatido contra otros profesores con opiniones encontradas (aunque ellos presentan datos muy cuestionables). Y en ese caso mi opinión es perfectamente libre y fundamentada, ya que mi sueldo no depende de ella. ¿Puede decir lo mismo el portavoz de la campaña de transgénicos de una organización ecologista? Sostenía el escritor Upton Sinclair: «Es difícil hacer que un hombre entienda algo cuando su salario depende de que no lo entienda».

Cuando te ponen en un debate sobre transgénicos, enfrente puedes tener a dos tipos de personas: el que se lo cree o el que cobra. Son muy fáciles de distinguir. El que realmente se lo cree nunca se ha planteado las incongruencias del discurso y es sencillo dejarle en evidencia. Cuando se notan muy acorralados suelen acabar con exabruptos del tipo «La Biotecnología es una ciencia enferma», «Todos los científicos estáis a sueldo de las grandes corporaciones» o «Los transgénicos producen cáncer», «La revolución verde fue un crimen contra la humanidad». Lo creáis o no, esto son frases reales que he oído en debates.

En cambio, el que solo cobra conoce los puntos débiles y trata de evitarlos o de llevar el debate hacia un terreno más favorable. Lo más normal es que adopte la estrategia de la metralleta: ocupar casi todo el tiempo que pueda y no dejarte hablar, sacar muchos argumentos que puedan calar e intentar que no tengas tiempo suficiente para rebatirlos. En las campañas electorales del Brexit y en la de Trump para la Casa Blanca se ha hablado del

concepto de posverdad, es decir, de argumentos falsos pero que calan en el público. Pues de eso se trata. Y no importa si la mayoría de los argumentos son una chorrada o directamente mentira. Ya se sabe, la energía necesaria para desmontar una idiotez es diez veces mayor que la que se necesita para decirla, porque las idioteces están termodinámicamente favorecidas.

Un ejemplo de esto es lo que entre varios amigos que hemos ido a debates conocemos como el síndrome de G.A. El nombre hace referencia a las iniciales de un antiguo encargado de la campaña de transgénicos de Ecologistas en Acción. Formado como bioquímico, hizo un posdoctorado en Estados Unidos y al volver, como desgraciadamente nos pasa a muchos científicos, se quedó sin trabajo. Ahí fue cuando empezó a trabajar para los ecologistas. El síndrome hace referencia a que antes del debate hablas con él y te das cuenta de que es una persona sensata y sabe del tema. Empieza el debate y suelta las mayores tonterías y burradas, una detrás de otra. Al comentarle esto en el posdebate, su actitud es «mi sueldo a fin de mes depende de que yo diga esto». Pasado el tiempo, G.A. dejó Ecologistas en Acción y volvió a la investigación. Hoy trabaja en la Universidad de Barcelona investigando en enzimas inmovilizadas. Y sí, esas enzimas son transgénicas. En marzo de 2016 tuve un debate con otra representante de OGM de Ecologistas en Acción, con una licenciatura en biotecnología.<sup>6</sup> Me dio la impresión de que tampoco le había salido nada de lo suyo.

También hay que tener en cuenta otro aspecto de la «vertiente profesional», y es que cuando aceptan ir a un debate es porque tienen todas las variables ajustadas para que se desarrolle de forma provechosa a sus intereses. Y si no, tratan de impedir que se celebre. El Museo Nacional de Ciencias Naturales organizó hace unos años una exposición y un ciclo de conferencias sobre esta tecnología, lo que ocasionó una serie de movilizaciones por parte de Greenpeace en la puerta. Cuando se les invitó a participar en un acto declinaron la oferta. Obviamente, para qué organizar un debate si ya te has disfrazado de vaca y has exhibido una pancarta que pone «no a los transgénicos». A veces la actitud roza la coacción. Malayerba, una asociación de estudiantes de la Universidad Autónoma de Madrid, organizó un debate en la Facultad de Biología sobre transgénicos y cuando cogió el turno de palabra el que defendía la postura pro OGM los propios estudiantes

de la asociación organizadora empezaron a abuchearle. Otra actitud frecuente es que acepten participar en el debate y que en el ultimísimo momento declinen la invitación para que el encuentro no se celebre. Y posiblemente hacen bien. Si partes de una posición viciada de origen o incongruente, la única forma de hacer un papel digno es controlar absolutamente todas las variables, y si no puede ser contraproducente, como descubrió Ahora Madrid, el partido de Manuela Carmena, cuando trató de declarar Madrid libre de transgénicos.

Si tuviera que elegir mi anécdota más surrealista sería una que sucedió en un debate sobre agricultura ecológica en mi universidad. En el turno de preguntas se presentó una chica como agricultora ecológica, aunque no tenía manos de agricultora. Según ella era una víctima de la péfida industria de los agroquímicos, ya que cuando comía algo que no era ecológico su cuerpo lo rechazaba, y por eso solo podía comer ecológico. Le pregunté si tenía un diagnóstico, porque era un síntoma sorprendente. No le hacía falta porque sus padres eran médicos y se lo habían dicho (debían de ser homeópatas por lo menos). Después del debate había un refrigerio patrocinado por el organizador (la cátedra Bayer) y se puso morada de canapés (no ecológicos). Se ve que cuando tiene hambre el síndrome no se manifiesta.

## LAS DECLARACIONES DE CIUDADES LIBRES DE OGM

Una de las estrategias para explotar la mala imagen de los OGM es la de las declaraciones de ciudades libres de transgénicos. Aunque algunas acaban siendo un desastre y un ridículo espantoso para los promotores, como pasó en Madrid. En julio de 2015, Ahora Madrid organizó un debate sobre el polémico punto del programa electoral de declarar «Madrid zona libre de transgénicos». Todo sea dicho, fui invitado cuando ya estaba convocado por medio de un tuit, sin saber si la invitación era para asistir de público, ponente, moderador o encargado de los micrófonos. Dado que ir a Madrid me resulta

caro y no me paga Monsanto no pude ir. Pero ¿quién necesita ir a los sitios cuando existe tecnología? WhatsApp sirve para algo más que para enviar fotos de un subsahariano con gigantismo fálico. Tuve información de primera mano gracias a que estaba en contacto con uno de los ponentes, que defendía la postura en contra de la declaración... y en algún momento le hice de apuntador.

La declaración ya llegaba un poco trastabillada puesto que Ahora Madrid había publicado una información sobre OGM en su web, destinada a preparar el terreno para la declaración, que había sido fuertemente contestada debido a las numerosas incorrecciones que contenía. A pesar de eso se trató de organizar una asamblea de esas que parecen abiertas pero están trucadas, empezando por poner una mayoría de los ponentes a favor (y otra curiosidad, ninguno de ellos científicos ni técnicos, solo activistas). Entre los ponentes en contra había un científico y un simpatizante de Podemos, aunque sin formación técnica en el tema (pero con WhatsApp, ¿lo pilláis?). Los argumentos a favor de la declaración siguieron los manidos tópicos que a estas alturas del libro espero haber desmontado sobre patentes, seguridad y estudios. Curiosamente, abusando de estos tópicos se incurre en contradicciones que son fáciles de señalar. Uno de los miembros de la mesa dijo que al estar los OGM patentados no se puede investigar sobre ellos, pero luego mencionó el estudio de las ratas con tumores que está realizando sobre una de las variedades... patentadas. ¿En qué quedamos? Otro argumento fue que los OGM están controlados por multinacionales, lo que no deja de tener su gracia si pensamos que la única persona a sueldo de una multinacional en el debate era Liliane Spender, de Amigos de la Tierra. No voy a entrar en los detalles técnicos puesto que a estas alturas ya lo sabéis casi todo. Lo divertido fue que lo que se pensó que sería una expresión de apoyo popular solo consiguió movilizar a científicos y gente partidaria del uso de OGM, por lo que la asamblea logró exactamente lo contrario a lo que pensaba que iba a conseguir..., y el ayuntamiento de Madrid decidió discretamente dejar correr este punto del programa.

El fracaso de Madrid no quita que otras ciudades y territorios sí que hayan votado declaraciones de zona libre de transgénicos, como el País Vasco, Baleares o Canarias, entre otras. Hasta donde yo sé la cosa no ha

pasado de ahí. Lo cual es lógico, pues estas declaraciones no sirven para nada. La legislación sobre OGM es europea y es potestad de cada país aplicarla, los municipios y comunidades autónomas no tienen competencias. Vamos a imaginar por un momento que tuvieran competencias y efectivamente pudieran hacerlo. Primer problema: ¿en qué términos se redacta? ¿A qué OGM abarca? ¿Solo a los que se siembran en el campo? ¿Esto incluye el algodón OGM y entonces se impiden tejidos como el algodón sanitario, incluidas compresas y tampones? ¿Solo a los alimentarios? ¿También a los fármacos? Segundo problema. ¿Con qué presupuesto se cuenta para garantizar el cumplimiento? Si haces una prohibición tan explícita (aunque tengas competencias, que, insisto, no las tienes), luego tienes que velar por que se cumpla la ley. Esto supondría inspecciones y análisis, que son caros. ¿Qué presupuesto han destinado el ayuntamiento de Alcoy o el de Albacete a velar por el cumplimiento de esta declaración que aprobaron sus consistorios? ¿De qué partidas lo ha sacado? ¿Tenéis noticias de esto? ¿O sea que firman una declaración y no lleva una partida presupuestaria asociada? Esto no es más que un brindis al sol que solo busca publicidad gratuita por parte del partido en el gobierno para ganarse a cierto sector de votantes, y sobre todo por parte de las organizaciones que promueven la solicitud para darse autobombo, pero poco más: a los pocos días la declaración cae en el más profundo de los olvidos.

Otra circunstancia que llama la atención es que muchos ayuntamientos se ponen a hacer regulaciones sobre asuntos como los OGM o el glifosato que no son de su competencia, pero en otras donde podrían aplicar los valores ambientales y que sí son de su competencia, no hacen nada. Por ejemplo, los festejos taurinos. Sería divertido ver en cuántos municipios en los que hay representantes de Equo o de algún partido Verde en el equipo de gobierno se celebran corridas de toros financiadas por el ayuntamiento. Igual hasta encontramos algún pueblo libre de transgénicos o de glifosato pero con festejos taurinos municipales.

Y ya que estamos, ¿por qué determinados grupos hacen campaña en contra de los transgénicos y qué ganan con eso? *Follow the money.*

## CAPÍTULO 11

### EL NEGOCIO ANTI OGM

Hasta ahora hemos visto que una parte de la opinión pública está en contra de los OGM. Me niego a pensar que es una parte mayoritaria puesto que las cifras en todo el mundo indican lo contrario, tanto a nivel de cultivo como de utilización. Esta opinión contraria está motivada entre otras cosas porque la mayoría de la información que han recibido sobre este tema no es necesariamente correcta. En el capítulo anterior he hablado de la desidia de los científicos y de las dificultades que se encuentran cuando tienen que afrontar una entrevista o un debate. Otro de los factores es la falta de espíritu crítico de algunos medios de comunicación que presentan como cierta información que no siempre lo es. Pero falta un tercer factor. Hay determinadas organizaciones que han propagado información que no era cierta y que en algunos casos han protagonizado actos vandálicos o violentos en contra de cultivos transgénicos o de científicos o divulgadores que trabajan con ellos. ¿A qué se debe tanta agresividad? ¿Tiene explicación? Si alguien observa un poco de cerca cuál es el funcionamiento de una organización ecologista todo encaja.

#### EL PROBLEMA DE SER GRANDE

En el siglo XIX, el sociólogo alemán Robert Michels promulgó, en su libro *Los partidos políticos*, la Ley de Hierro de la Oligarquía, que establece que en cualquier tipo de gobierno siempre mandará una minoría. Un corolario de esta ley es que cualquier organización en el momento en que se hace grande olvida sus ideales y objetivos, y utiliza todos sus recursos en su propio mantenimiento. Las grandes organizaciones ecologistas hace tiempo que

parecen haberse plegado a lo que establece esta ley. Cuando nacen se mueven por ideales, pero al crecer crean unas estructuras tan grandes y caras de mantener que sus objetivos se acaban encaminando a mantener esta estructura y no sus ideales originales.

Si vemos los presupuestos que maneja cualquier organización ecologista de las grandes es fácil de entender. La estructura de personal que tiene que cobrar la nómina a fin de mes es costosa de mantener, con la particularidad de que la organización no tiene más fuente de ingresos que las donaciones o subvenciones que recibe de organismos públicos o privados. Por lo tanto, como ya pronosticó Michels hace casi dos siglos, las campañas no van dirigidas al objetivo original sino a buscar el impacto mediático y la propaganda que garanticen seguir recibiendo ingresos que permitan mantener su estructura. Aproximadamente el 30 por ciento del presupuesto de organizaciones como Greenpeace o Amigos de la Tierra va destinado a sueldos.

Una de las críticas que se hacen sobre los OGM es que están en manos de multinacionales y que sus procesos de autorización son opacos. Ninguna de estas afirmaciones es cierta ya que la generalización es inadecuada. Pero ¿y si la aplicamos a una organización ecologista? ¿Su gestión es transparente? ¿Alguien sabe cuánto cobra un director general de Greenpeace? ¿O qué criterios siguen para ser elegidos? En los numerosos debates que he tenido es una pregunta que he formulado repetidas veces. En directo cambian de tema y por Twitter abandonan la conversación.

Hay un detalle divertido: si me meto en internet puedo encontrar cuánto cobra un directivo de Bayer,<sup>1</sup> o cuánto cobro yo (si a alguien le interesa, tengo tres sexenios de investigación y un quinquenio docente, y no, no me paga Monsanto, me lo recuerdan en casa cada fin de mes),<sup>2</sup> pero nadie puede saber cuánto cobra un directivo de Greenpeace, de Amigos de la Tierra o de Ecologistas en Acción en España. En otros países es obligatorio declararlo.<sup>3</sup> Por lo tanto, ya vemos que detrás de la defensa del medio ambiente puede haber un interés económico.

La política laboral de estas empresas también es propia de una multinacional. Por ejemplo, en 2013 Greenpeace hizo un ERE y despidió al 12 por ciento de su plantilla. Además, se supone que salvaguardan su

independencia no admitiendo donaciones de gobiernos o de empresas, pero esto tiene truco. La realidad es que existe la ONG Greenpeace por un lado y Greenpeace Fund por otro. Greenpeace Fund se encarga de canalizar las grandes donaciones y Greenpeace ONG las pequeñas. Esta estructura es similar en cada país, donde tienes la ONG registrada y además una sociedad limitada. En España, Juan López de Uralde era a la vez administrador general de Greenpeace SL y candidato de Equo, mientras que la directora de Greenpeace ONG era Miren Gutiérrez, lo que vulnera también la supuesta independencia política. Cuando la operación Equo fracasó, Greenpeace SL pasó de Juan López de Uralde Garmendia a Mario Rodríguez Vargas, sin que Miren Gutiérrez participara en el proceso, como podrá constatar cualquiera que consulte el Boletín Oficial del Registro Mercantil con fecha 4 de enero de 2012. Puedo decir también que se cumple la Ley de Hierro de la Oligarquía, ya que el poder y la toma de decisiones en estas organizaciones está concentrado en un núcleo muy cerrado que se maneja con opacidad. En un congreso coincidí con una antigua empleada de Greenpeace que había ocupado un alto cargo y, ante mi sorpresa, me dijo desconocer la existencia de Greenpeace SL, algo que es fácilmente localizable en cualquier registro de empresas o en cualquier buscador de internet.

Volvemos a Greenpeace, pero a nivel global. ¿Y quién paga a Greenpeace Fund? Se pueden encontrar las listas de donantes por internet, y no dejan de ser peculiares. Por ejemplo, si accedéis a la página de la Fundación Hermanos Rockefeller y en el buscador ponéis Greenpeace, veréis que está recibiendo millonadas de una fundación filantrópica creada por los magnates del petróleo americano. Quizás así se entienda que las principales campañas sean en contra de Shell, BP —la primera angloholandesa, la segunda británica— o las compañías rusas. También se pueden encontrar empresas «rarunas» como Sustainable Markets Foundation. Si buscáis por internet no encontraréis página web ni cuenta de Twitter ni nada, solo que es una filial de la Fundación Hermanos Rockefeller, es decir: más dinero del petróleo norteamericano para Greenpeace. Los Rockefeller se lo dan a esta fundación y esta fundación se lo da a Greenpeace.

Lo que hace Greenpeace con el dinero también es cuestionable. En 2012 Greenpeace España participó en una manifestación delante del Congreso para imponer la tasa Tobin a las operaciones especulativas. Menos de un año después el semanario alemán *Der Spiegel* anunció que la organización había perdido 3,8 millones de euros especulando en los mercados financieros. La respuesta de la organización fue simplemente echarle la culpa a un único empleado y despedirlo. Diríase que alguien pagó el pato. ¿Una sola persona tiene tanto poder ejecutivo y puede tomar decisiones que afectan a grandes capitales? Vuelve a cumplirse la Ley de Hierro de la Oligarquía, aparte de lo más o menos lícito que sea que el dinero de donaciones que se dedican a la protección del medio ambiente acabe en mercados especulativos. Hace unos años también salió la noticia de que los empleados de Greenpeace Noruega tenían un plan de pensiones que invertía en compañías petroleras.

Amigos de la Tierra tiene una financiación más divertida. Realmente no puede ser considerada una Organización No Gubernamental, puesto que menos del 2 por ciento de sus ingresos nace de las aportaciones de sus socios. La mayoría de su presupuesto procede de subvenciones de organismos públicos o privados. En 2007, en plena explosión de la burbuja inmobiliaria, buena parte de estas fundaciones estaban ligadas a la obra social de bancos y cajas de ahorros. Por lo tanto ya sabéis, si os embargan la casa, sonreíd: estáis colaborando con Amigos de la Tierra. Otros en cambio optan por el sí pero no. Una supermegapotente multinacional que fabrica una bebida negra con burbujas financia proyectos destinados al ahorro de agua. En uno de esos proyectos participa la organización ecologista valenciana Agró, que, todo sea dicho, ha realizado alguna actividad interesante de conservación del parque natural de la Albufera; lástima que en el tema transgénicos digan las tonterías habituales. Su actitud es que participaban en el proyecto y recibían el dinero, pero no querían que la empresa financiadora dijera públicamente que estaban recibiendo esa aportación económica. Una actitud un poco hipócrita, ¿no? Al margen de que bordea la ilegalidad. En cualquier publicación de cualquier proyecto es obligatorio declarar las fuentes de financiación. El día que consiga que me pague Monsanto os aseguro que os enteraréis todos.

¿Y qué tienen que ver los transgénicos con todo esto? Los transgénicos se han convertido en una víctima propiciatoria, algo que en su momento sirvió para volver a enganchar al público cuando campañas históricas como la de las ballenas o la de las nucleares o bien estaban empezando a cansar al público o habían conseguido ya sus objetivos. Solo eso explica que la campaña sea tan virulenta en Europa y tan poco en Estados Unidos. Puedes comprobarlo tú mismo: compara el apartado «Trabajamos en» de la página española de Greenpeace (Greenpeace.es) y el apartado «*What we do*» en la página de Greenpeace en Estados Unidos (Greenpeace.org). No son iguales. En la de España habla de agricultura y transgénicos, en la de Estados Unidos los transgénicos no son tema de portada.

Esto da que pensar, ¿no? Muchas veces las organizaciones ecologistas adoptan un tono mesiánico y se autoerigen en portavoces del pueblo, cuando realmente si algo no tienen es apoyo público. Solo hay que ver que cuando se organizan en partido político y se presentan a las elecciones sus resultados suelen ser más que discretos. Tampoco olvidemos que su número de socios es reducido, lo que implica que las cuotas solo cubran una ínfima parte del presupuesto. A pesar de esto han logrado tener un peso relevante en la agenda política. Un ejemplo concreto. WWF. La división española ADENA fue fundada en los años sesenta con el beneplácito de toda la nomenclatura del franquismo. Hasta el incidente del elefante, el presidente de honor era el rey Juan Carlos. WWF tiene la costumbre de poner su logotipo junto al de otras multinacionales como garantía de compromiso medioambiental, y no creo que esto sea gratis. Este compromiso no parece muy controlado ya que, como Greenpeace, también se lo ha puesto a semillas de Monsanto.<sup>4</sup> El presidente de honor en Gran Bretaña sigue siendo el príncipe Carlos, activo cazador, por si alguien no se ha enterado, y luego toca despedirle deprisa y corriendo. Todos los años WWF organiza «La hora del planeta», en la que para concienciar sobre el cambio climático insta a que todo el mundo apague la luz durante una hora. Recomiendo darse una vuelta por la ciudad durante la celebración de la hora del planeta y ver cuántos edificios oficiales se suman a la convocatoria y cuántas casas particulares. Este poder de *lobby* no representa realmente una voluntad popular, ni reflejada en miembros de sus asociaciones ni en votos cuando se presentan a las elecciones ni en el apoyo

popular de sus movilizaciones, a pesar de que muchos políticos incluyan en sus agendas reuniones con estos grupos y que sus opiniones, fundamentadas o no, incidan en determinadas políticas.

La disparidad de criterios en el tema de los transgénicos no solo afecta a Greenpeace. WWF, por boca de su directivo Jason Clay, ha sido la única de las grandes organizaciones ecologistas que se ha manifestado a favor del uso de transgénicos en agricultura, a pesar de que WWF España sigue siendo oficialmente anti OGM.<sup>5</sup>

Si muchos políticos tienen a las organizaciones ecologistas en su agenda a pesar de su poca base social es porque estas han sabido rentabilizar muy bien su imagen. Las organizaciones ecologistas dan una imagen de compromiso social que a muchos personajes públicos les interesa. Cuando algún personaje quiere ganar en valoración social es bastante frecuente que aparezca públicamente colaborando, dando apoyo o participando en la campaña de alguna de estas organizaciones. Luego, cuando se les pide explicaciones por alguno de los actos de estas organizaciones, como por ejemplo los ataques a campos experimentales, miran a otro lado. Aunque hay excepciones. Cuando en julio de 2016 más de cien premios Nobel firmaron una carta pidiendo a Greenpeace que abandonara su campaña contra el arroz dorado, se me ocurrió preguntar públicamente por Twitter si los famosos que habían colaborado con esta organización tenían algo que decir. En un gesto que les honra, recibí una respuesta desde la cuenta oficial de La Oreja de Van Gogh en la que admitían haber apoyado alguna vez a Greenpeace, pero decían que no lo volverían a hacer si en el futuro las campañas no tenían ninguna evidencia científica que las respaldara.<sup>6</sup>

Por lo tanto la estrategia anti OGM no es más que una cuestión de mercado, de un mercado que maneja unas cifras muy grandes y que se reparten entre muy pocos.

**PIÉNSATELO BIEN ANTES DE SER ANTI OGM**

Cuando hablas de ciencia y no dices cosas malas de los OGM te pueden insultar, decir que estás a sueldo de Monsanto, agredir a la gente que va a ver tu charla o amenazar de muerte, gajes del oficio. Pero cada uno tiene lo suyo, y, sinceramente, tampoco envidia a la gente cuya profesión es la de hablar mal de una tecnología. Las organizaciones ecologistas actúan como multinacionales, y como tales no son un ejemplo de respeto por los derechos laborales. Solo hay que ver las condiciones laborales de los jóvenes con chaleco que te abordan por la calle para que te apuntes a su ONG y compararlo con las de los directivos.

Si hacemos un poco de historia veremos que el puesto de responsable de OGM en Greenpeace es una silla caliente. En tiempos fue Ricardo Aguilar, que tuvo una sonada discusión con Francisco García Olmedo desde las páginas de *El País* al acusar a Norman Borlaug y a la segunda revolución verde de crimen contra la humanidad, lo que motivó un debate en la sede del mismo diario. En aquella época el director de Greenpeace era Xavier Pastor, expulsado de la organización por motivos que no se hicieron públicos y luego obligado a ser readmitido judicialmente,<sup>7</sup> aunque junto con Ricardo Aguilar y algunos otros montó otra ONG de las que se nutren de fondos públicos llamada Oceana.

Después estuvo durante once años Juan Felipe Carrasco, conocido por participar en debates apelando al aspecto emocional. En 2009 fue responsable de una campaña denominada «Quitad las manos de nuestro arroz» en la que literalmente manifestaba que «El arroz es el alimento diario de la mitad de la población mundial. La mayoría de los países han rechazado la experimentación con el cultivo básico más importante del mundo».<sup>8</sup> En su momento le pedí que me pasara la lista de países que han rechazado la experimentación. Sigo esperando. Si hacemos balance, cuando él llegó al puesto en agosto de 2001 la superficie sembrada con maíz OGM en España era de 11.543 hectáreas y diez años después de su intensa labor en contra de los OGM, de 136.000 hectáreas, es decir, se multiplicó por diez. Obviamente esto no supera ningún control de calidad. En una entrevista que aparece en la tesis doctoral de Elena Fernández Guiral, dedicada a los aspectos comunicativos de los OGM, Carrasco se queja de que toda la experiencia acumulada durante los diez años de Greenpeace no parece que sea de utilidad

en el mercado laboral. Al parecer, no hay demanda de activistas. En esa misma entrevista dice literalmente que «España es el único país donde se cultivan semillas transgénicas de forma generalizada porque es el país europeo más fácil de corromper. Y concretamente Aragón, donde los partidos locales, especialmente el PSOE, son más fácilmente comprables»,<sup>9</sup> unas acusaciones muy fuertes como para publicarlas sin pruebas. Después de Greenpeace ha seguido dedicándose al activismo anti OGM, aunque con poco éxito.

Con motivo de la carta de los premios Nobel por el arroz dorado tuve la oportunidad de coincidir en varios debates con el actual representante de Greenpeace, Luis Ferreirim. Espero que le vaya mejor laboralmente que a sus predecesores.

#### LAS TRISTES CONSECUENCIAS DE LA DESINFORMACIÓN

Decía Voltaire que aquellos que te hacen creer en absurdos pueden hacer que cometas atrocidades. La verdad es que toda la mala información que se ha difundido sobre los OGM ha tenido consecuencias nefastas, entre ellas la violencia que ha generado, una violencia que se ha traducido en ataques a campos experimentales, entre otras consecuencias. Si desde el punto de vista comunicativo se presenta una tecnología como el mal encarnado, cualquiera puede sentirse un superhéroe y pensar que entrando en un campo experimental o en un campo sembrado de OGM y destrozándolo está haciendo un servicio a la sociedad. Poco importa si el campo tiene todos los permisos en orden, si un grupo de personas ha invertido varios años trabajando para desarrollar estas plantas o si el objetivo de esa investigación puede redundar en un beneficio para la sociedad. El problema es que la comunicación ha logrado invertir los papeles y muchas veces se hace creer que el agresor es la víctima y viceversa.

Por ejemplo, el activista francés José Bové. En los ochenta se dedicaba a volcar los camiones españoles de fruta en Perpiñán. También estuvo implicado en peculiares acciones de «no violencia», como entrar con una excavadora y destrozarse un McDonald's. Pero McDonald's trabaja en régimen

de franquicia, por lo que la víctima fue un empresario francés y los clientes que, haciendo uso de su libertad, decidieron ese día comerse una hamburguesa. En los noventa montó una organización llamada Los Segadores Voluntarios que se dedicaba a arrasar campos experimentales donde se sembraban OGM. Fue detenido varias veces y multado, aunque dado su carácter de emblema ecologista lo indultaron en repetidas ocasiones. Curiosamente un individuo así, con un amplio historial delictivo, ha sido invitado a actos de sindicatos agrarios como la COAG y fue padrino del partido político Equo. Un sindicato agrario y un partido político invitando a los que vuelcan camiones españoles en la frontera... Así nos va. El detalle es que su padre, fallecido recientemente, era un eminente biólogo molecular de plantas, director de investigación del Instituto Nacional de Investigación Agronómica francés y activo defensor del uso de transgénicos, como declaró en la conferencia que dio en Valencia en marzo de 2016, poco antes de su deceso.<sup>10</sup>

En España hemos tenido también muchos casos de ataques con consecuencias desastrosas. En 2006 Pagesos en Lluita y Greenpeace destruyeron un campo del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries en Gimènells (Lleida); hubo un detenido, Albert Ferré, que reivindicó la acción. No obstante, el fallo del juez fue que no quedó demostrado que el tal Albert estuviera implicado ya que los autores iban encapuchados y actuaron por la noche, por lo que no pudieron ser identificados. Fue absuelto, a pesar de que se perdió el trabajo de años<sup>11</sup> y los daños se cuantificaron en casi medio millón de euros.

Cuando estas organizaciones montan un ataque vandálico (ellos lo llaman «acción directa») a menudo no parece que tengan muy claro qué van a hacer. En su libro *Biotecnología vegetal*, José María Seguí cuenta el caso de un ataque a un centro de investigación inglés donde trabajaban en guisantes OGM, además de tener líneas de investigación en mejora clásica. Los activistas asaltaron el invernadero, no atacaron a ningún OGM pero se cargaron todas las variedades tradicionales que utilizaban para el proyecto de mejora. Los OGM donde solo meten uno o varios genes externamente son como cualquier variedad convencional de guisantes, ya que el transgén no les confiere ningún aspecto externo distintivo. En cambio, para mejora clásica se

utilizan variedades locales, antiguas o silvestres que tienen diferentes colores y aspectos. Los activistas (yo prefiero llamarles terroristas) pensaron que, dado lo extraño de su aspecto, debían de ser OGM, y arrasaron un patrimonio importante de variedades locales, esas que tanto reivindican en sus manifiestos. La página web Unbiased America ha publicado una interesante estadística sobre los ataques terroristas que ha sufrido Estados Unidos entre el 12 de septiembre de 2001 y el 31 de diciembre de 2014. El mayor número de ataques, con una cifra de 48, es precisamente de grupos ecologistas, y el segundo, de grupos animalistas con 30. Es cierto que no suelen causar víctimas humanas (una en total entre los dos grupos), pero no le llamemos «acciones directas» o «actos de protesta». Son ataques de odio, y eso se llama terrorismo.<sup>12</sup>

Algunas de las acciones anti OGM rayan la comicidad. Hace unos años la Fundación ANTAMA organizó una visita de periodistas europeos a campos de OGM para explicar cómo estaba funcionando el cultivo. Un grupo de activistas capitaneado por Josep Pàmies trató de reventar el acto irrumpiendo y leyendo un manifiesto. Empezó a leerlo, pero los periodistas no hablaban español ni ellos hablaban inglés, así que pidió que la organización le tradujera. Le dijeron que los traductores se traen de casa.

Esta es otra de las cosas indignantes, la impunidad con la que actúan y la desidia judicial. Por ejemplo, en la página web de Ecologistas en Acción se puede encontrar la reivindicación de la autoría de dos destrozos de campos de OGM. Realmente ni siquiera era un campo de OGM, y le supuso al agricultor perder la cosecha de maíz (no transgénico) de ese año,<sup>13</sup> lo que no es impedimento para que sigan reivindicando un acto vandálico como un éxito. Lo más indignante es que esta organización apenas tiene socios. Se nutre básicamente de fondos públicos, como se puede ver en sus publicaciones, donde con frecuencia aparece el logo de diferentes ministerios o de la propia Unión Europea. Así que tenemos a organismos públicos financiando actos vandálicos.<sup>14</sup> Me he centrado en los casos españoles, pero el problema es más amplio. Un artículo de Marcel Kuntz publicado en 2012 daba la cifra de

ochenta casos registrados de ataques a campos experimentales, la mayoría en Alemania, Suiza, Francia y Gran Bretaña.<sup>15</sup> A pesar de que el panorama sea deprimente, yo prefiero ver la parte positiva. La violencia contra los transgénicos (y los científicos que trabajamos con ellos) tuvo un punto de inflexión en el año 2012. El centro de investigación de Rothamsted, la estación de investigación agrícola más antigua que existe, anunció que iba a iniciar una serie de experimentos controlados en campo con trigo. Esto hizo que una organización denominada Take our Flour Back organizara una movilización a nivel europeo para destrozar ese experimento, movilización a la que se sumaron incluso algunos cargos electos del partido verde británico como Jenniffer Jones.<sup>16</sup> Por cierto, esta da el perfil de ecologista típico: miembro de la nobleza y de clase alta, defensora de la comida ecológica y preocupada por el medio ambiente, pero más como posturo que por base científica, puesto que no se corta en apoyar una movilización contra un centro público de investigación. Lo que hicieron los científicos fue no callarse. Grabaron un vídeo explicando exactamente en qué investigaban, qué querían conseguir, por qué esos experimentos eran necesarios y las consecuencias personales y económicas que tendría su destrucción. Lo lanzaron con el *hashtag* #dontdestroyresearch. El vídeo, cuatro científicos detrás de una mesa hablando a cámara, recordaba a los que graban los secuestrados de Al Qaeda. Siglo XXI, Europa y científicos teniendo que pedir que no les ataquen. Da qué pensar. El manifiesto de apoyo contó con más de seis mil adhesiones. Hay que destacar que una de las primeras propuestas de los científicos fue un debate abierto con algún representante de Take our Flour Back, pero se negaron, evidenciando su falta de argumentos. Sí que mantuvieron un debate por escrito con la prensa donde quedó clara la falta de base de sus argumentos.<sup>17</sup> Esta dialéctica me parece tremendamente nefasta. ¿Darle voz a gente que utiliza la violencia? ¿El poder de decisión de sobre qué debemos investigar y sobre qué no lo debemos dejar en manos del que tiene el bate de béisbol y va encapuchado?

La convocatoria fue un desastre para los organizadores. Lo que se pensaba que iba a ser una protesta global y una demostración de fuerza acabó en un pufo al que acudieron más policías que manifestantes (unos 120 según los recuentos más generosos). Entonaron cuatro cánticos, exhibieron cinco

pancartas, merendaron sus sándwiches de pepino ecológico y a casa. Unos días antes alguien quiso tomarse la justicia por su mano y asaltó el campo. Por suerte solo provocó daños menores que no pusieron el experimento en riesgo. El gesto heroico de Hector Christie (que así se llama el individuo) se saldó con una detención, una multa y hacerse cargo de los daños, así que la fiesta le salió por 4.300 libras. Christie también pertenece a la nobleza británica. Parece que si la Revolución francesa hubiera sido inglesa ahora no habría ecologistas en el Reino Unido.

Que el ataque a Rothamsted se saldara con un rotundo fracaso y que en los últimos años hayan disminuido los ataques no quiere decir que el problema esté solucionado. Quizás ahora hay menos ataques, pero son más violentos. Y peligrosos. En junio de 2016 un científico que trabaja en la sede de la EFSA en Parma (Italia), en el panel de transgénicos, recibió una carta bomba que por suerte pudo ser detectada a tiempo. Meses antes, el empresario agrícola mexicano Mario Valdés Berlanga, uno de los máximos defensores del maíz OGM en México, recibió otra que sí explotó, causándole heridas. Por suerte ninguna ha tenido consecuencias graves, pero esto no es una broma ni una acción directa. Yo mismo en el blog he recibido mensajes como «A ver cuánto dura este comentario. Lo tuyo es patético. No diste la charla, éxito total. Si hubieras dicho lo mismo de la cartita que dejaste, pero en persona y yo hubiese estado ahí, te pego un tiro en la cabeza sin dudar. Las ratas como vos no tienen cabida en América Latina; y de Europa solo te quedan España, Portugal y República Checa para seguir currando, por ahora. ¿Por qué no vas a presentar tu librito en Hungría si tenés cojones?», cariñosa misiva lanzada desde la IP 186.153.160.230. O «Te falta plomo en el cerebro. ¡Una buena dosis de plomo! ¡A por él!» desde la IP 186.85.186.80. Y el bloguero ecologista Mike Addams, del portal *Natural News*, hizo un llamamiento a «asesinar a todos los seguidores de Monsanto» comparándolos con los nazis.<sup>18</sup> Creo que alguien debería tomarse esto más en serio, y sobre todo dejar de subvencionar a los que directa o indirectamente promueven estos actos. Bastante vergonzosa ha sido la respuesta de la Unión Europea al ataque a una de sus instituciones, ya que no ha hecho ni una declaración oficial de condena.

Espero que en el futuro la violencia contra la ciencia y los científicos no sea más que un mal recuerdo. Porque si obviamos la existencia de los grupos violentos, lo cierto es que los próximos años pintan muy pero que muy bien.

## CAPÍTULO 12

### ¿Y DESPUÉS DE LOS TRANSGÉNICOS QUÉ?

A pesar de que la tecnología de los OGM ya tiene un recorrido y estamos disfrutando de sus ventajas, no ha tocado techo ni mucho menos. Todavía tenemos un amplio margen de mejora. El número de especies para las que hay variedades OGM disponibles y el número de genes foráneos utilizados para conseguir mejoras aumenta cada semana. No obstante, si hasta hace poco los OGM eran la ultimísima tecnología, ahora ya no se puede decir eso. Han pasado a ser la penúltima.

#### CRISPR/CAS9. UN NOMBRE FEO PARA UNA TÉCNICA GENIAL

Bajo el nombre genérico de *new breeding techniques*, o nuevas técnicas de mejora, hay una serie de avances que nos permiten mejorar las especies agrícolas y ganaderas interviniendo directamente en su ADN, pero que no tienen nada que ver con la transgénesis, a nivel biológico, y sobre todo, a nivel legal.

La técnica de la que más se ha oído hablar últimamente es el CRISPR. La verdad es que la palabra es fea, y si decimos que significa *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*, es decir, «repeticiones palindrómicas cortas interespaciadas y agrupadas regularmente» tampoco parece que ayude mucho. A veces se le pone la coletilla de CRISPR/Cas9 haciendo referencia a la proteína que participa. Sigue siendo algo indescifrable. La mayoría de los medios de comunicación han recogido los nombres de Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier como inventoras, lo cual es cierto —ya que fueron las primeras en utilizar esta técnica en bacterias—, pero incompleto. Con un poco de suerte nombran a Feng Zhang,

el primero que la utilizó en células humanas y de ratón *in vitro*. Pero la ciencia hace mucho tiempo que no es un esfuerzo individual, como en tiempos de Ramón y Cajal, sino la suma de muchos esfuerzos. Quizá cabría recordar a George Church, que fue el primero en utilizarla en células madre humanas. Si nos remontamos atrás en el tiempo, esta tecnología con multitud de aplicaciones se basa en descubrimientos de ciencia básica a los que en su momento no se les vio ninguna utilidad. El primero fue del grupo del japonés Yoshizumi Ishino, que en 1987 publicó una secuencia repetitiva en el genoma de *E. coli* que llamó *iap*. El nombre de CRISPR se puede considerar que es *Made in Spain*. El primero que caracterizó la secuencia bacteriana que utiliza esta técnica fue el español Francisco Juan Martínez Mojica, de la Universidad de Alicante, a partir de unas bacterias aisladas de las salinas de Santa Pola, y fue el primero en utilizar el término CRISPR en la correspondencia con otro científico, Rudd Jansen, término que fue publicado finalmente en 2002. De hecho, Francis Mojica (como es conocido) trató de publicar un artículo afirmando que representaba un sistema de defensa heredable de las bacterias, pero fue rechazado. Posteriormente se confirmó que estaba en lo cierto.

La tecnología CRISPR, basada en un sistema que de forma natural utilizan las bacterias, nos permite un paso adelante más, ya que podemos editar el ADN del propio organismo. Para entendernos, imaginemos que el genoma es un texto en un procesador. La mutagénesis inducida sería como aporrear a ciegas el teclado y ver si por casualidad sale algún texto que valga la pena. Un transgénico sería como si hiciéramos un copia-pegar de otro texto y lo introdujéramos en el nuestro. El CRISPR sería como si con el cursor fuéramos a la parte del genoma que nos interesa, borráramos un trozo y lo volviéramos a teclear corregido, exactamente lo mismo que se hace cuando se revisa un texto. ¿Cómo se consigue esto? Todo surge de una observación, y es que en el genoma de las bacterias aparecían secuencias de virus flanqueadas de secuencias palindrómicas (Sí, las de «dábale arroz a la zorra el abad»). Esto es una especie de sistema inmune, de forma que cuando una bacteria ha sido infectada por un virus guarda un trozo de la secuencia de ese virus en su propio genoma. Si el virus vuelve a infectar ese fragmento de ADN, la información guardada en su genoma le sirve para que sus

mecanismos de defensa reconozcan al virus y lo neutralicen. Al estar en el genoma esta información se hereda, transmitiendo la memoria de los virus y, por tanto, la resistencia a ellos a las siguientes generaciones. Este sistema se puede trucar. Podemos hacer que reconozca una secuencia en concreto del organismo que nos interesa y que haga el cambio que nosotros queramos. Con una particularidad muy importante: la principal característica es que en un organismo donde se ha producido un CRISPR al final del proceso no tendrá ningún tipo de ADN foráneo, solo se habrán producido cambios en su propio ADN, pero sin ninguna secuencia que venga de otro organismo.

¿Qué ventajas tiene respecto a los OGM? Muchas. En el caso de enfermedades genéticas, a menudo son debidas a cambios mínimos en la secuencia y esta técnica nos permite corregirlos. Otra ventaja fundamental es que para investigación en enfermedades genéticas nos permite crear ratones avatar. Una enfermedad genética es producida por una mutación en un gen. Para investigar muchas veces es útil tener un modelo animal (por ejemplo, un ratón que tenga exactamente la misma mutación). Hasta ahora lo que se hacía era quitar ese gen por transgénesis, pero, claro, esto se parece aunque no es exactamente lo mismo, porque la mutación que causa la enfermedad puede que no sea una pérdida total del gen, como pasa en el ratón, sino una mutación en un punto concreto. Con la tecnología CRISPR podemos reproducir la misma mutación, lo que nos permitirá un estudio más preciso y detallado.

Es importante resaltar que cuando aparecieron los OGM la mejora genética tradicional o la mutagénesis inducida no desaparecieron. Simplemente los OGM permitieron algo que las técnicas antiguas no permitían, pero eso no implicó que dejaran de utilizarse las técnicas anteriores. Con el CRISPR y los OGM pasa un poco lo mismo. El CRISPR permite unas cosas y los OGM otras, de la misma manera que el cine no hizo que desapareciera el teatro ni la televisión el cine. Estas técnicas están llamadas a coexistir y a ampliar el abanico de posibilidades para el agricultor o el consumidor.

¿Los ecologistas han dicho algo del CRISPR/Cas9? Pues la verdad es que todavía no saben si llueve o hace sol. Es bastante explicativo este artículo de Friends of Earth que les llama «*Semantically engineered crops*», cultivos

de ingeniería semántica, en el que vienen a decir que es una técnica muy complicada, que no se entiende y que se está introduciendo para confundir al público. A ver, si no lo entiendes preguntas o estudias, pero la técnica es lo que es. Lo que es preocupante es que, como están admitiendo, no lo entienden, pero ya piden la prohibición.<sup>1</sup>

Greenpeace sigue con la dialéctica oficial del apocalipsis y las grandes empresas, y los define como «los nuevos transgénicos que llegarán a tu plato sin etiquetar ni evaluar». Hay un aspecto metodológico importante: el CRIPR/Cas9 no deja rastro de su uso. Al no incorporar ADN foráneo no hay forma de saber si en una nueva variedad se ha utilizado esta técnica o ha aparecido por mutagénesis. Por lo tanto, ¿cómo se va a regular esto? Es el mismo problema que etiquetar si el ganado ha comido OGM. No puede hacerse. En fin, los testigos de Jehová también llevan cien años anunciando el fin del mundo, con la diferencia de que ellos por lo menos saben que es porque bajará Dios, pero Greenpeace todavía no ha decidido de qué vamos a morir.<sup>2</sup> Si realmente se preocuparan por el medio ambiente, deberían ser ellos los que apoyaran estas tecnologías.

## SALUD GLOBAL Y MEDIO AMBIENTE CON LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Al CRISPR se le puede dar una vuelta de tuerca más y tener una aplicación que salve muchas vidas. Hay insectos que nos caen bien, como las abejas que polinizan las flores y fabrican miel, o las laboriosas hormigas, siempre tan ordenadas. Otros, como las moscas y los mosquitos, no nos caen tan bien, sobre todo en verano. Realmente los mosquitos son lo que son y, como cualquier ente biológico, lo único que buscan es reproducirse y perpetuar sus genes. No obstante, hay veces que su ciclo vital puede interferir con el nuestro, principalmente cuando funcionan como portadores de enfermedades como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla, el chikungunya o el Zika, que tanto asustó a los deportistas en las Olimpiadas de Río.

Una forma de controlar la propagación de estas enfermedades es controlar las poblaciones de insectos. Si hay menos insectos, principalmente mosquitos, el parásito responsable no podrá transmitirse ni completar su ciclo

vital. El ejemplo clásico fue la lucha contra la malaria, para la que se llegaron a desecar pantanos y marismas. Si la malaria desapareció de Europa y de Estados Unidos (donde fue endémica hasta los años cincuenta) fue por el uso masivo del DDT, hoy demonizado, pero que en la posguerra se utilizaba hasta en colonias infantiles (de la marca Cruz Verde concretamente). En su momento, el DDT fue una solución y salvó millones de vidas por ventajas como ser barato, estable y no tener toxicidad en humanos, aunque tiene sus desventajas, como que no es específico (mata a todos los insectos que pilla) y al ser muy estable se acumula en el medio ambiente. Actualmente existen muchos insecticidas en uso, pero su utilización masiva como prevención de plagas suele ser problemática, ya que fabricarlos y esparcirlos es caro, y no siempre son específicos y se pueden generar resistencias, al margen del alto impacto ambiental.

Dado que el truco para evitar la propagación es bloquear el ciclo vital del insecto y con ello la propagación del patógeno, podemos no matar al insecto pero evitar que se reproduzca. Existen métodos de control de insectos que se basan en utilizar hormonas que atraen a los machos a trampas o que impiden su desarrollo, pero estamos en las mismas: su uso a gran escala es caro y no siempre efectivo.

Seguimos pensando. Los insectos hembra solo copulan una vez. Una solución es soltar machos estériles, que copulen y que no den lugar a descendencia, compitiendo por las hembras con los machos fértiles. La idea parece buena, pero ¿cómo esterilizamos a los machos? La forma tradicional es mediante productos químicos o radiactividad, que funciona bien, pero no es eficaz al ciento por ciento y al inducir mutaciones puede dar lugar a que se escape algún macho no estéril con alguna mutación que le produzca alguna ventaja. Esto se subsanó mediante la utilización de la ingeniería genética, que es la táctica que se está utilizando actualmente, con el beneplácito de la OMS para el virus del Zika. En verano de 2015 trató de implementarse en Cataluña para controlar las plagas del olivo y no se pudo llevar a cabo por la oposición de los grupos ecologistas, cuando es una alternativa mucho más respetuosa con el medio ambiente. Con lo cual se dio la paradoja de que se utilizaron más insecticidas y se produjo más daño ambiental precisamente por culpa de los grupos ecologistas. Habría que tomar ejemplo de lo que pasó en Brasil.

Aldo Malvasi es uno de los científicos que está desarrollando mosquitos OGM para combatir el dengue. Cuando le llegaron las noticias de la oposición que se estaba organizando contra esta tecnología no se cortó un pelo al afirmar: «El dengue es un problema en los países pobres, en América Latina, Asia y África. Yo no me preocupo de los europeos. No me preocupo por ustedes, gringos. Me importa ayudar a la gente de África, América Latina y Asia». Así, con un par, con dos transgénicos bien puestos.

Pero vamos a ir un paso más allá. Un invento muy reciente, el *gene drive*. La tecnología del CRISPR/Cas9 se basa en editar secuencias de ADN de un organismo. Vamos a darle otra vuelta. La mayoría de los animales somos diploides, es decir, tenemos dos copias de cada gen (con alguna excepción en los cromosomas sexuales). Si os acordáis, hace unos capítulos he explicado que las versiones diferentes de un mismo gen se llaman alelos. Si no hay interferencias externas los alelos están en equilibrio de Hardy-Weinberg, lo que quiere decir que generación tras generación las proporciones entre las versiones del mismo gen no cambian.

Aquí es donde entra el *gene drive*. Vamos a trucar esto. Imaginemos que en una población introducimos un organismo que tenga un alelo para un gen en el que hayamos insertado las secuencias necesarias para editar una secuencia de ADN (El CRISPR/Cas9). Le has metido un gen *alien*, que tiene capacidad de modificar la secuencia de la otra copia del gen y convertirlo en el alelo que te interesa. Cuando ese organismo tenga descendencia, la secuencia que lleva actuará y modificará el gen determinado, de forma que si tenías dos alelos diferentes acabarás teniendo uno solo y pasarás de heterocigoto a homocigoto. Esta capacidad de alterar el otro alelo además es heredable, por lo que cuando la descendencia se vuelva a cruzar con otra población seguirá cambiando los alelos. Con esto el equilibrio de Hardy-Weinberg no se cumplirá y en pocas generaciones ese alelo habrá desplazado a los otros. ¿Pilláis la idea?

Se pueden liberar en el medio ambiente mosquitos que no puedan ser portadores de patógenos, o plantas que sean sensibles a herbicidas, etc., y en pocas generaciones tendremos una herramienta potentísima para el control de especies silvestres, ya que serán muy sensibles a herbicidas o no portarán patógenos. Las primeras descripciones del uso exitoso de esta técnica son de

finales de 2015, algo muy reciente, pero no descarto que la veamos en poco tiempo como control de plagas como el Zika o el dengue. *Gene drive*, quedaos con el nombre.

¿ESTÁ AGOTADA LA CAMPAÑA EN CONTRA DE LOS OGM?

Ya que hemos hablado del futuro tecnológico, ¿cómo será el futuro de esta tecnología a nivel social? En 2013 me atreví a decir en una entrevista que el miedo a los transgénicos duraría una década.<sup>3</sup> Aquella afirmación pareció tan rompedora que fue la que seleccionó el periodista como titular. Hoy diría que posiblemente me quedé corto. Los grupos que han hecho campaña activa contra los OGM, de forma legal (con declaraciones absurdas de ciudades libres de transgénicos, manifestaciones o declaraciones plagadas de errores o mentiras) o ilegal (atacando campos experimentales o enviando paquetes bomba), se están quedando sin argumentos. Sostener una campaña sin base real es complicado. Abraham Lincoln dijo que puedes mentir a todos una vez o mentir a uno todo el tiempo, pero no puedes mentir a todos todo el tiempo. La campaña contra los OGM se ha basado en un mensaje muy conocido y que no es nuevo, tan antiguo como la mitología griega o la religión cristiana. Prometeo roba el fuego de los dioses y le condenan, Adán y Eva comen del árbol de la sabiduría y les expulsan del paraíso. El mensaje tecnofóbico y que el primitivismo es mejor es uno de los mensajes emocionales más antiguos que existen, y que ha ido evolucionando y adaptándose, precisamente a medida que avanzaba la civilización. Siempre ha estado ahí, pero nunca ha impedido el avance tecnológico. En el siglo XIX teníamos el ludismo y el rechazo a la revolución industrial. Gran parte del mensaje que promulgan muchos grupos antitransgénicos no es más que un neoludismo adaptado al siglo XX (al XXI todavía no han llegado). Quizá parte de su éxito se deba a que es un mensaje fácil de interiorizar, solo hay que ver la presencia que tiene en nuestra cultura. ¿Cuántas películas o novelas recordáis en las que la tecnología es el enemigo y causa todos los males? Así a bote pronto

*Metrópolis, Tiempos Modernos, Almas de Metal* (y su moderna versión *Westworld*), *2001, una odisea en el espacio*, *Terminator* y seguro que me dejó muchas.

El problema, en el caso concreto de los transgénicos, es que el anunciado Armagedón para la salud o el medio ambiente que anunciaban por culpa de los transgénicos no ha llegado. El argumento emocional no puede alargarse indefinidamente, hacen falta datos palpables. La táctica de decir que no tenemos estudios a largo plazo tampoco parece que sea creíble, dado que ya tenemos la experiencia de veinte años.

En los últimos años los anti OGM han tenido que ir cambiando el discurso de los presuntos peligros para la salud o el medio ambiente hacia los problemas sociales y las multinacionales, aunque los argumentos tampoco se sostengan. El eslogan original de «No quiero transgénicos» se ha ido modulando a «no quiero transgénicos que se siembren en el campo y que no tengan aplicaciones médicas ni textiles», con algunas excepciones más. Los debates con grupos anti OGM cada vez se parecen más a la escena de *La vida de Brian* en la que John Cleese pregunta «¿Qué han hecho los romanos por nosotros?» y uno contesta: «El acueducto», otro: «El alcantarillado», y así siguen, mientras John Cleese sigue insistiendo: «¿Y qué han hecho los romanos por nosotros?». Aparte de la retahíla de cosas que menciona la audiencia, que cada vez es más larga. Cuando en un debate el ecologista dice «los transgénicos no sirven para nada» el mismo tiene que añadir un «excepto para...». Y la lista cada vez es más larga.

Los opositores a los OGM se han beneficiado de factores como que los transgénicos disponibles no suponían ningún beneficio para el consumidor y que los comercializados dependían de grandes empresas, a pesar de que las patentes empezarán a caducar en breve. Avances como el arroz dorado o el trigo apto para celíacos les rompen este discurso, ya que la ventaja es palpable para el consumidor y no dependen de ninguna gran empresa. Si hasta ahora el problema comunicativo lo teníamos los que trabajábamos con OGM ahora lo tienen ellos, porque gestionar un cambio de discurso del estilo de la neolengua de George Orwell en *1984* no es fácil. Para empezar, el público tiene más información sobre el tema y más sitios donde acudir a

informarse, y los periodistas ya no consideran a los grupos ecologistas una fuente confiable, o al menos confrontan lo que ellos dicen con otra opinión, que suele ser de un científico.

Y no olvidemos que las organizaciones ecologistas se mueven por criterios de marketing, y no de medio ambiente. Si ven que una campaña no obtiene los resultados esperados a nivel de movilización mediática y aumento del número de socios, lo más normal es abandonarla (nunca rectificar y admitir el error). Por ejemplo, a mediados de los ochenta Greenpeace desarrolló una campaña a nivel mundial en contra del uso del cloro. Es cierto que había ciertas prácticas de la industria química muy cuestionables y que al ser el cloro un contaminante había mucho margen de mejora. Pero, claro, una campaña del estilo «regularizar el uso del cloro» no tiene gancho. Si creamos un malo, tiene que ser malo malísimo. La campaña era para una absoluta prohibición del cloro en la industria, incluyendo su uso en la potabilización del agua. Esta campaña ha tenido muchas similitudes con la campaña de los OGM, que, no lo olvidemos, se basa en eslóganes como «no quiero transgénicos» que no admiten matices. Un mensaje en blanco o negro es más vendible que un mensaje de *no pero sí*. El problema es que en esta campaña llegó a pedirse que dejara de utilizarse el cloro para potabilizar el agua.<sup>4</sup> Cuando se comprobó que la prohibición del uso del cloro era inviable, ya que si se aplicaba la gente se moriría de cólera, tifus o disentería, se reconvirtió en una campaña en contra del PVC, un plástico en cuya elaboración se utiliza el cloro. En España numerosos ayuntamientos y algún Parlamento como el de Baleares firmaron solemnes declaraciones y se declararon ciudades libres de cloro o de PVC. ¿Alguien se acuerda? ¿Sirvió para algo? Aquí podéis consultar la octava edición del informe de Greenpeace titulado «Hacia un futuro libre de PVC».<sup>5</sup> En la página 114 se puede encontrar la lista de ciudades libres de PVC. Podéis hacer algo muy divertido: coged un ayuntamiento como Vilanova i la Geltrú o Alzira y buscad si existen carpinterías de PVC en el municipio, o si alguien se acuerda de las declaraciones firmadas hace quince años.

Mi previsión es que algo así pasará con los OGM. De momento ya parece que estén buscando una salida honrosa. La campaña del glifosato es una especie de deriva de la campaña de los OGM similar a transferir la

presión del cloro hacia el PVC. Es significativo el hecho de que en octubre de 2016 el partido ecologista Equo, fundado por un antiguo dirigente de Greenpeace, publicara un manifiesto reivindicando su espacio político y sus logros (más que nada para que la gente se acuerde de que siguen existiendo), en el que se mencionaba explícitamente «Un EQUO sin miedo a luchar contra el carbón, las nucleares, la especulación urbanística y la corrupción» y en ninguna parte se hiciera mención a los transgénicos.<sup>6</sup> Si vemos el presupuesto de Greenpeace para la campaña de transgénicos es bastante escaso. Ahora parece que estén buscando otras alternativas. El truco habría sido dejarlo morir poco a poco, como disimulando. No es que lo diga yo, en la revista *Métode* de verano de 2015 la periodista Maria Josep Picó analiza la información sobre transgénicos durante un periodo concreto tanto desde medios de comunicación digitales como de las propias organizaciones ecologistas. Constata que en España ha ido en franco retroceso en la prensa, pero es que las propias organizaciones ecologistas cada vez informan menos del tema. En Europa el debate solo se mantiene en Francia y por parte de organizaciones ecologistas, pero ya sabemos que allí están en connivencia con el gobierno.

Ha habido diferentes ensayos que han abordado el tema comunicativo de los OGM en estos últimos veinte años, como la tesis de Elena Fernández Guiral, dirigida por López Guerrero; el trabajo de Carolina Moreno en la Universidad de Valencia, o el de Emilio Muñoz, Montaña Cámara y Emilia Lopera en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (y alguno que me dejó seguro). Si comparamos el interés mediático, cómo se informaba y cuánto se informaba de este tema hace veinte años, hace diez o ahora se ve claramente que cada vez hay menos agresividad hacia el tema y las organizaciones parece que miran a otro lado.

Un ejemplo reciente del problema comunicativo de estas organizaciones lo podemos ver en una entrevista en *El País Semanal* publicada el 13 de noviembre de 2016. Francisco Barro, investigador del Instituto de Agricultura Sostenible, vinculado al CSIC, declaró que estaban llevando a cabo ensayos clínicos con el trigo apto para celíacos, y que había gente que llamaba a los hospitales para meterles miedo y tratar de boicotear los ensayos. En Andalucía, la PALT (Plataforma Andalucía Libre de Transgénicos) es muy

virulenta en los ataques contra los OGM, y dado que FACUA forma parte de la PALT, inocente de mí, se me ocurre preguntarle por ello directamente a FACUA, vía Twitter. No recibo contestación. Sin embargo, Rubén Sánchez, portavoz de FACUA, publicó un tuit en el que enlaza un vídeo de ANTAMA (la fundación que se encarga de la comunicación de las empresas de biotecnología) en el que Francisco Barro explica el trigo que ha desarrollado con el texto «¿Alguien encuentra algún motivo para estar en contra de este maravilloso avance científico?». <sup>7</sup> Realmente sí que hay alguien: la organización que él representa, que ha publicado artículos con el elocuente título de «“Di no a los transgénicos”, lema de FACUA en el Día Mundial de los Derechos de los Consumidores». <sup>8</sup> En la web de la PALT se pueden encontrar artículos como «Trigo transgénico sin gluten: No en mi nombre». <sup>9</sup>

Como vemos, es un tema difícil de gestionar. Hasta ahora como los transgénicos eran impopulares, declararse públicamente antitransgénicos era rentable a nivel de imagen, pero ¿qué pasa si la opinión pública cambia? Corres el riesgo de convertirte tú en impopular, y eso es muy malo para alguien que el único producto que vende es su imagen. FACUA, Greenpeace, Amigos de la Tierra venden cuotas de socio. Si la gente no se identifica con ellos, el negocio se acaba, y así llegamos a situaciones como el representante de una asociación hablando bien de una tecnología que su propia asociación demoniza. Nadar y guardar la ropa es complicado, pero no imposible. *Repasad 1984*, de George Orwell.

Y hay que tener en cuenta que el avance de la tecnología también impide seguir la campaña de forma coherente. Por ejemplo, una planta a la que se ha aplicado la tecnología CRISPR es una planta mejorada, pero no se ajusta a la definición de planta transgénica de la Unión Europea, ya que por ninguna parte hay ADN foráneo. De hecho, si el problema era poner genes de un organismo en otro, el CRISPR tampoco cumple esta premisa.

¿Y por qué la gente ya no está preocupada por los OGM? Realmente nunca ha sido una preocupación, siempre se ha exagerado, pero cada vez la gente está menos preocupada. En esto influyen varios motivos. Por una parte la crisis económica. Cuando alguien está en paro o tiene un contrato basura que a duras penas le permite llegar a fin de mes no está para pagar cuotas de organizaciones ecologistas ni para movilizarse por el medio ambiente. No

olvidemos que preocuparse por si la comida es ecológica o transgénica es un privilegio de los países ricos. Hoy por hoy en muchos países del mundo la preocupación es comer, y les da igual si es OGM o ecológico. Por otra parte, la gente se cansa de oír siempre el mismo mensaje. La campaña anti OGM es viejuna y nunca ha habido (ni la habrá) una gran catástrofe que pueda ser rentabilizada. Cuando Fukushima enseguida vimos a gente de Greenpeace haciéndose fotos con monos, mascarillas y contadores Geiger. En el fondo era algo tan miserable como tratar de sacar beneficio de una catástrofe. Pero ¿qué foto de impacto pueden utilizar contra los OGM? Hasta ahora han ido tirando de Photoshop, pero la gente ya no está para montajes. Las mazorcas con dientes y colmillos y los tomates con jeringuillas están bien para un rato, poco más. Las fotos de activistas con mascarillas, monos blancos y bates de béisbol o guadañas destrozando campos experimentales o invernaderos de una universidad o centro de investigación llamaban la atención hace diez años y les daban un aire de justiciero medioambiental. Las cosas han cambiado. Ahora la gente conoce más el tema, sabe los beneficios que le puede reportar esta tecnología y no simpatiza con eso. Los científicos tenemos más medios para denunciar y los periodistas nos conocen y nos preguntan, y muchas veces cuestionan lo que los grupos ecologistas dicen. Al final todo es dinero. Si los grupos ecologistas ven que esto no es rentable, dejarán de hacerlo.

Y si los OGM pasan de moda, ¿qué vendrá ahora? Hace falta buscar algo que vuelva a captar la atención mediática y enganche al público. Hago una apuesta. Creo que estos próximos años vais a oír hablar mucho de abejas, insecticidas y similares, y cada vez menos de OGM. Las abejas son los nuevos OGM, y, por cierto, muchas de las cosas que están diciendo de ellas no son ciertas.<sup>10</sup> Tienen que darse prisa si quieren aprovecharlo, hubo una disminución de las colmenas en 2006 debido a un extraño fenómeno que se produce de forma periódica, aunque parece que ya se han recuperado las poblaciones.

Por lo tanto, si alguna vez alguien os pregunta si los transgénicos son el futuro, espero que después de leer este libro haya quedado claro que de futuro nada: los transgénicos son el presente. Queramos o no, nuestra vida es más fácil gracias a ellos... y lo que queda.

## EPÍLOGO

### ¿TODAVÍA ESTÁS EN CONTRA DE LOS OGM?

Si has llegado hasta esta página y sigues pidiendo que prohíban los OGM y piensas que el futuro no pasa por la biotecnología sino por la agricultura ecológica, o algo similar, me parece perfecto, muy respetable. Hagamos un trato. La gente pasa hambre ahora, la gente se está quedando ciega ahora por falta de vitamina A. Ahora. En este momento. Tictac, tictac, tictac, el tiempo corre. Cada segundo se muere alguien de hambre en algún lugar del mundo. El reto es importante. A mí también me parece una vergüenza que en ciertas zonas del mundo se despilfarre comida mientras otras pasan hambre, pero decir que no hace falta producir más alimentos porque hay comida de sobra es no querer afrontar el problema. ¿Se te ocurre cómo llevar el excedente de maíz de Canadá a Etiopía? ¿O los tomates que han sobrado en Murcia a Laos en vez de utilizarlos en la tomatina de Buñol? ¿No? Tampoco me sirve que digas que no hace falta arroz dorado porque comiendo mangos se soluciona ¿Quién se encarga de llevarlos?

Es muy cómodo proponer soluciones de buen rollo, decir que la tecnología no es necesaria y tener un *smartphone* en el bolsillo. Igual dices que con la agroecología vamos a alimentar al mundo porque tú tienes la nevera llena de productos ecológicos. Pero el mundo es más grande que tu cocina. Si piensas que es cierto, no lo digas, hazlo. Mientras tú solucionas los problemas a tu estilo, a los que nos gusta mirar las estadísticas agrarias y los datos de producción, y no tanto los eslóganes y las manifestaciones, seguiremos haciendo lo que mejor sabemos hacer y lo que creemos que es la mejor solución; por ejemplo, plantas tolerantes a las duras condiciones climáticas de sitios como Etiopía, o frutas o verduras que produzcan más vitamina A. De hecho, junto con Lynne Yenush (o más bien gracias a ella),

me acaban de aprobar un proyecto del Plan Nacional de Investigación Científica para investigar cómo transportan las plantas potasio, algo fundamental para regular la transpiración y el consumo de agua por parte de la planta. Si todo sale bien esperamos desarrollar alguna planta (OGM o no) que aproveche mejor el agua.

Si tú crees que esto es un error y la solución es plantar mangos o llevar la comida que sobra, genial, pero hazlo ya. Mientras llega la solución vamos a ver si nos respetamos. Yo no consumo ecológico porque me parece caro, y está el tema de las alertas alimentarias, pero no me importa que tú lo hagas. Subvenciones aparte, es tu dinero y te lo puedes gastar en lo que quieras. Sin embargo, ¿has visto alguna vez que se subvencione o apoye a un agricultor por sembrar OGM? Pues luego no te quejes de falta de ayudas, quizás es que no las sabéis aprovechar, o que el dinero se pierde por el camino en cursos y formadores y no llega a los que agachan el lomo y doblan el espinazo, que son los agricultores. Mientras tanto, sin hacer ruido y sin recibir ningún incentivo, los agricultores que confían en la biotecnología siguen haciendo su camino, ganándose la vida y produciendo alimentos. Por favor, respétalos. ¿Has visto alguna vez a algún biotecnólogo destrozar una tienda de productos ecológicos? ¿O un huerto ecológico? ¿Has visto alguna vez a algún biotecnólogo o agricultor de los que siembra maíz Bt pedir la prohibición de la producción ecológica? Pues no destroces campos de OGM, y mucho menos experimentales, que hay mucho dinero y esfuerzo en juego, y acabar con el trabajo de varios años simplemente porque te da la gana está muy feo. Igual cuando lo haces piensas que estás haciendo algo importante y te sientes como Jesús echando a los mercaderes del templo, pero deja el rollo mesiánico, no estás salvando a nadie. Los agricultores son muy inteligentes y no hace falta que nadie les diga qué tienen que sembrar.

La intransigencia en temas tecnológicos nos ha hecho perder miles de millones de euros y ha frenado la carrera europea de I+D respecto a Asia y Estados Unidos. Esperemos estar a tiempo de recuperar las oportunidades perdidas. En general, de cara al futuro, vamos a ver si tomamos las decisiones sobre temas técnicos en base a informes reales. Las creencias deben quedarse en el ámbito particular de cada uno, y que nadie trate de imponer las suyas. Así que si no te gustan los OGM no los consumes, me parece lícito, pero no

vayas por ahí destrozando campos o pidiendo a los políticos que aprueben leyes en contra. ¿Has pensado alguna vez dónde queda mi derecho a consumir transgénicos? ¿No tengo derecho a consumir libremente lo que quiera? Si cuando vas a Estados Unidos puedes comer salmón o manzanas transgénicas, ¿por qué yo en Europa no puedo?

Dicho esto, si con la agroecología, los métodos tradicionales y sin OGM consigues alimentar al mundo y realmente demuestras que los transgénicos no son necesarios seré el primero en felicitarte, pero de momento vamos a llevarnos bien y déjanos trabajar. Que estamos en el siglo XXI, lo de las amenazas y los paquetes bomba a los científicos parece cosa de otra centuria. Hacemos una cosa. Nos jugamos una paella. Si en diez años la superficie de cultivo ecológico en el mundo supera a la de los transgénicos y hay menos gente pasando hambre, te pago una paella con arroz ecológico. Si hay más OGM y menos gente pasa hambre, me pagas una paella con arroz dorado. La oferta es ventajosa para ti, puesto que el arroz ecológico es carísimo. Me gusta más mirar hacia delante. Hay muchos retos y la historia nos dice que la tecnología siempre nos ayuda a superarlos. El rechazo a la tecnología nunca ha solucionado nada, pero si estoy equivocado seré el primero en rectificar.

## NOTA FINAL

# ARGUMENTARIO PARA DISCUTIR CON TU CUÑADO ECOLOGISTA O EL JOVENCITO DEL CHALECO QUE TE ABORDA EN LA CALLE

Desde las páginas de este libro he tratado de abordar todo el tema de los transgénicos desde aspectos científicos, económicos, sociales o comunicativos y de elaborar todos los argumentos en detalle con referencias y datos concretos. Pero cuando alguien te aborda por la calle, o después de una comida en casa de los suegros, eso no sirve. Necesitas respuestas rápidas contra eslóganes prefabricados y muchas veces falsos. Espero que este brevísimo argumentario te sirva de ayuda.

Argumento	Réplica
Los transgénicos.	¿A cuál te refieres? Cada uno es diferente.
Los transgénicos son peligrosos para la salud.	¿Conoces a alguien que se haya intoxicado?
Los transgénicos son peligrosos para el medio ambiente porque diseminan genes.	Si hibridan con algo no se siembran.
Obligan a los agricultores a sembrar transgénicos.	Pásame el <i>mail</i> de uno, Mulet quiere conocerle.
Los transgénicos no son seguros.	Veinte años sin ningún problema. ¿Pueden decir lo mismo los cultivos ecológicos?
No hace falta arroz dorado, pueden comer mangos o zanahorias.	¿A qué esperas para llevárselas?
No estamos seguros de los transgénicos, son plantas que nos pueden matar.	Para eso ya está el tabaco.

Son un modelo capitalista.	Cuba siembra OGM.
Acaban con la biodiversidad.	Como la agricultura sin OGM.
Monsanto.	Bayer.
No hacen falta OGM, en el mundo sobran alimentos.	¿Y el que se muere de hambre es porque es tonto?
No hacen falta OGM, hay otras técnicas como la mejora asistida por marcadores.	Y no hacen falta preservativos para luchar contra el sida si practicas la abstinencia.
Los OGM han llevado desigualdades sociales a Sudamérica.	Se ve que hace veinte años no había pobreza ni desigualdad en Sudamérica.
Monsanto, Monsanto.	Al tercer Monsanto pagas las cañas.
Según un estudio de Greenpeace...	Los estudios se publican en revistas científicas.
Los transgénicos están patentados.	Y tu <i>smartphone</i> .
No tenemos estudios a largo plazo.	Sí que los tenemos. ¿Del uso de móvil hay algún estudio a cincuenta años? Deja de enviar chorradas por WhatsApp.

## AGRADECIMIENTOS

Decía Newton que si había podido mirar tan lejos fue porque se aupó a hombros de gigantes. Más recientemente, los geniales Les Luthiers dicen que lo importante no es saber, sino tener el teléfono del que sabe. Para escribir este libro me he aupado a hombros de mucha gente y he llamado por teléfono a quienes saben mucho más que yo y, sobre todo, llegaron antes. Empezando por Ramón Serrano, del que he aprendido lo que sé (aunque nunca llegaré tan lejos como él) y al que le he vaciado la biblioteca para documentarme (Ramón y Mariche: cuando leáis esto ya os habré devuelto todos los libros). Aunque se prodiga muy poco, os recomiendo buscar algún debate o entrevista en la que haya participado. Yo soy tranquilo y moderado a su lado cuando hablamos de este tema. De hecho, Ramón es de los que piensa que la culpa de la desinformación es de los científicos por callarnos, que debemos salir del armario de los OGM.

Un libro como este sería impensable sin un recuerdo a Josep Català, desaparecido prematuramente, pero un maestro en el arte de decir con orgullo lo de «Sí quiero transgénicos» ante quien haga falta, donde haga falta y como haga falta.

A Mertxe de Renobales, Jaime Costa, Francisco García Olmedo y Pilar Carbonero, José Antonio López Guerrero, Hugo Leis, José Pío Beltrán, José Ignacio Cubero; a Teresa Capell y a Paul Christou; a Quima Messeguer y Enric Melé; a Elena Fernández; a Josep Casacoberta; a Soledad de Juan; a Alfredo Zamora; a Daniel Ramón; a Alejandro Ferrando, Javi Forment, Ricardo Flores, Vicente Pallás, Diego Orzáez y a alguno que seguro me dejo por sus comentarios, anécdotas y todo lo que he aprendido de vosotros. A toda la gente que comparte aventuras en el IBMCP, en especial a Lynne por

la aventura científica que tenemos por delante y a Rosa Porcel y a su blog La ciencia de Amara, que es un prodigio de documentación. Gracias por toda la ayuda recibida.

Todo libro tiene un contexto, y este libro no empezó a fraguarse en las mejores circunstancias. Las primeras páginas fueron escritas durante largas noches de hospital en unas circunstancias familiares bastante complicadas y que la burocracia administrativa, recortes sanitarios y modelo de sanidad público-privado convirtió en un auténtico infierno, aunque prefiero quedarme con la amabilidad del personal sanitario, que la hizo más llevadera.

Si este último año ha tenido episodios complicados, también los ha tenido buenos. Quiero agradecer la hospitalidad de Pepe, Loly, Cristian y Daly (esta vez sí) en Camariñas, con el más inspirador balcón que existe; la de Vicente y Tati en Viveiro; la de Manolo y Rosa en A Coruña, y la de Glori y Emilio en Plentzia, aunque este año no hemos podido ir.

También a la familia. Hay un miembro que físicamente está con nosotros, pero que nunca tendrá constancia de que este libro existe. Su hueco es imposible de llenar, pero nos queda el consuelo y la ilusión de los nuevos miembros, Marc, Clara y Mikel. Y a mis tías Àngels y Basi, en general, y en particular por su hospitalidad cuando estaba rematando los últimos capítulos.

Para la familia política, por el apoyo en estos momentos complicados y en general siempre.

Y por supuesto a Bea y a Paula, mis dos OGM favoritas, por su cariño, su apoyo y sobre todo su paciencia para aguantar mis viajes, mis ausencias, mis largas horas delante del teclado. Sin vosotras nada de esto sería posible.

Valencia, noviembre de 2016

## PARA LEER MÁS

Cuando uno escribe un artículo científico tiene que referenciar todas las afirmaciones, por lo que es normal que artículos de cinco o seis páginas acumulen más de cincuenta referencias. Cuando lo que escribes es divulgación sabes que cada nota al pie que incluyas distraerá al lector. Esto me crea un conflicto: por una parte, como científico quiero que quede claro que todo lo que digo es información contrastada y que puedas revisar la fuente original, y por otra, como escritor de libros de divulgación sé que tengo que poner el menor número de citas posibles. Lo que he hecho ha sido poner citas de las afirmaciones que a mi juicio pueden ser más controvertidas para que veas que no es un decir por decir, sino que cualquier lector pueda verificarlo por sí mismo. De esta manera en la parte técnica apenas hay citas, pero sí que las hay en la parte de sociedad. Te gustará o no, pero todo lo que escribo es cierto y puedo citar las fuentes. Aquí te dejo una lista de libros y blogs que he consultado, y que te serán útiles si quieres ampliar información. Si te queda alguna duda o comentario, o no sabes de dónde he sacado algo, lo más fácil es que me lo preguntes a través de mi cuenta de twitter ([@jmmulet](https://twitter.com/jmmulet)) o como comentario en mi blog ([<jmmulet.naukas.com>](http://jmmulet.naukas.com)).

Para aprender más, o para contrastar la información de este libro, podéis leer estas propuestas en castellano. De nivel muy asequible recomendaría los dos de mi compi de departamento, y a pesar de eso amigo, José María Seguí Simarro, que trata muchos de los aspectos de los que he hablado a lo largo del libro:

- *Biología en el Menú (Manual de supervivencia en el debate transgénico)*, Publicacions de la Universitat de Valencia, Valencia, 2011.
- *Biología Vegetal. La ciencia que revoluciona el futuro de las plantas*, Guadalquivir, Córdoba, 2016.

Y también:

- *Transgénicos*, Maria del Carmen Fenoll y Fernando González Candelas, Los Libros de la Catarata, Madrid, 2010.

Para la Primera parte, recomendaría cualquier libro de Francisco García Olmedo, pero en especial:

- *El ingenio y el hambre: de la revolución agrícola a la transgénica*, Crítica, Barcelona, 2009.
- *La tercera revolución verde. Plantas con luz propia*, Debate, Barcelona, 2000.

Y también es interesante para los primeros capítulos:

- *La invención de la agricultura. Por qué el hombre se hizo sedentario*, Josef H. Reichholf, Crítica, Barcelona, 2009.

Y un clásico entre los clásicos:

- *Armas, gérmenes y acero*, Jared Diamond, Debate, Barcelona, 2006.

A nivel más técnico, es imprescindible el siguiente, de un catedrático de la escuela donde doy clases:

- *Historia de la Agronomía*, José Vicente Maroto, Mundiprensa, Madrid, 2014.

Para la parte de animales transgénicos destacaría estos dos libros:

- *¿Qué es un transgénico? (y las madres que los parieron...)*, José Antonio López Guerrero, Equipo Sirius, Madrid, 2008.
- *Terapia Génica*, Blanca Laffon, Vanessa Valdeiglesias y Eduardo Pásaro, Los Libros de la Catarata, Madrid, 2015.

Para la Segunda parte:

- *Los transgénicos, Conózcalos a fondo*, Ramón Tamames, Ariel, Barcelona, 2003.
- *Alimentos más sostenibles: Las semillas transgénicas en la agricultura ecológica*, Mertxe de Renobales Scheifler, Junta General del Principado de Asturias, Sociedad internacional de Bioética, 2009.
- *Genetically Modified Crops*, Nigel G. Halford, Imperial College Press, Londres, 2003.
- *Cambiar los genes para mejorar el mundo*, VV. AA., Milenio, Lleida, 2013.

También he consultado y leído los siguientes libros, aunque advierto que son muy técnicos y que no son libros de divulgación.

- *Plant, genes and crop biotechnology*, Martin J. Crispeels & David E. Sadava, Jones and Bartlett Publishers, Inc., Londres, 2002.
- *Transgenic Horticultural Crops: Challenges and Opportunities*, Beiquan Mou, Ralph Scorza, CRC Press, Londres, 2011.
- *Compendium of Transgenic Crop Plants*, Chittaranjan Kole y Timothy C. Hall, Wiley-Blackwell, 2009.
- *White Book genetically modified crops. Scientific opinion of Czech researchers working on GMO*, Frantisek Sehnal y Jaroslav Drobnik, Biology Centre of the Academy of the Czech Republic, 2009.
- *Derecho de la biotecnología y los transgénicos (especial referencia al sector agrario y alimentario)*, Pablo Amat Llombart, Tirant lo Blanch, Valencia, 2008.

#### EN INTERNET

- En castellano además de Tomates con genes <[jmmulet.naukas.com](http://jmmulet.naukas.com)>, el blog de un servidor, en el que trato entre otros temas de transgénicos recomendando La Ciencia de Amara, en el

- que se habla de forma amena y entretenida de fisiología y de biotecnología vegetal <<http://lacienciadeamara.blogspot.com.es/>>.
- Para enterarse de las últimas noticias sobre el tema lo mejor es la página de la Fundación Antama de Soledad de Juan y Alfredo L. Zamora <<http://fundacion-antama.org/>>.
  - En la zona de los Andes, con sede en Colombia, Agrobio Andina con Andrea Uscátegui y colaboradores <<http://www.agrobio.org/>> y el blog «de avanzada» <<http://de-avanzada.blogspot.com.es/>> de David Osorio.
  - En Argentina, Biotecnología Sí de Alejandro Shammah <<http://biotecnologiasi.tumblr.com/>> y en Chile Efecto Rayleigh, de Gabriel León <<https://elefectorayleigh.cl/>> y Sí quiero transgénicos de Daniel Norero <<http://www.siquierostransgenicos.cl/>>.
  - También es notable el trabajo que hace en México AgroBio México <<http://www.agrobiomexico.org.mx/>>, con amigos como Francisco Monteagudo, Sofía González, Jaime Padilla o Agustín López-Munguía.
  - Imprescindible el blog de Garcia Olmedo Ciencia al alioli <<http://www.revistadelibros.com/blogs/ciencia-al-alioli/>> o el ya mencionado del mismo García Olmedo con Jaime Costa El pan de nuestros días <<http://www.revistadelibros.com/blogs/el-pan-de-nuestros-dias/>>.
  - A nivel más oficial, la página de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal publica unos interesantes boletines que recopilan noticias del tema <[sefv.net](http://sefv.net)>.
  - En inglés hay bastantes recursos, pero la base de datos más completa es la web de la International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) que gestiona Clive James, y que proporciona anualmente un informe del estado de la tecnología a nivel mundial <<http://www.isaaa.org/>>.
  - Y como blogs a nivel divulgativo, GMO Answers <<https://gmoanswers.com/g>>, Genetic Literacy Project <<https://www.geneticliteracyproject.org/>>, Biofortified

<<https://www.biofortified.org/>> o la web de Mark Lynas, un antiguo militante ecologista reconvertido en divulgador de los beneficios de los OGM <<http://www.marklynas.org/>>.

## Notas

1. Farnaz Broushaki *et al.*, «Early Neolithic genomes from the eastern Fertile Crescent», *Science*, 353 (6298), 2016, pp. 499-503.

1. Story, M., Evans, M. *et al.*, «The epidemic of obesity in American Indian communities and the need for childhood obesity-prevention programs» («La epidemia de obesidad en las comunidades indias de América y la necesidad de programas de prevención de la obesidad infantil»). *Am J Clin Nutr.*, 69 (4 Supl.), 1999, pp. 747S-754S.

2. Gerbault, P., Liebert, A. *et al.*, «Evolution of lactase persistence: an example of human niche construction» («Evolución de la persistencia de la lactasa: un ejemplo de construcción de nichos humanos»). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 366 (1566), 2011, pp. 863-877.

3. Chomicki, G. y Renner, S. S., «Watermelon origin solved with molecular phylogenetics including Linnaean material: another example of museomics» («El origen de la sandía resuelto gracias a la filogenética molecular incluyendo el material de Linnaean: otro ejemplo de *museomics*»). *New Phytologist*, 205(2), 2015, pp. 526-532.

1. Schwartz, J. A., Curtis, N. E. y Pierce, S. K., «FISH labeling reveals a horizontally transferred algal (*Vaucheria litorea*) nuclear gene on a sea slug (*Elysia chlorotica*) chromosome» («El marcaje tipo FISH revela un gen nuclear de alga [*Vaucheria litorea*] transferido horizontalmente a un cromosoma de babosa marina [*Elysia chlorotica*]»). *Biol Bulletin*. 227 (3), 2014, pp. 300-312.

2. Gordon J. W., Ruddle F. H., «Integration and stable germ line transmission of genes injected into mouse pronuclei» («Integración y transmisión en línea germinal estable de genes inyectados en pronucleos de ratón»). *Science*, 11 de diciembre de 1981; 214(4526): 1244-6.

1. <[http://www.salon.com/2007/08/29/gm\\_papaya/](http://www.salon.com/2007/08/29/gm_papaya/)>.

2. <<http://www.thailandroad.com/Greenpeace-loses-thailand-papaya-gmo-case/>>.

3. <http://lacienciadeamara.blogspot.com.es/2012/08/arroz-dorado-biotecnologia-libre-la.html>.

4. <<http://naukas.com/2014/01/17/la-naranja-dorada-el-caso-de-otro-transgenico-de-oro/>>.

1. <[http://www.nytimes.com/1996/03/14/us/genetic-engineering-of-crops-can-spread-allergies-study-shows.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/1996/03/14/us/genetic-engineering-of-crops-can-spread-allergies-study-shows.html?_r=0)>.

2. Van Eenennaam, A. L. y Young A. E., «Prevalence and impacts of genetically engineered feedstuffs on livestock populations». *Journal of Animal Science*, 92(10), 2014, pp. 4255-4278.

3. <[https://www.bmbf.de/pub/Biologische\\_Sicherheitsforschung.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Biologische_Sicherheitsforschung.pdf)>.

4. <http://worldnewsdailyreport.com/doctors-confirm-first-human-death-officially-caused-by-gmos/>.

5. Véase *Medicina sin engaños* para la historia completa de este «estudio».

6. <<http://naukas.com/2012/09/20/transgenicos-que-producen-tumores-no-panic/>>.

7. <<https://twitter.com/chadn737/status/818510215909953537>>.

8. <<http://bmccomplementalternmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12906-016-1226-6>>.

9. Séralini, G. E., Clair, E. *et al.*, «Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize» («Estudio reeditado: toxicidad a largo plazo de un herbicida Roundup y de un maíz modificado genéticamente con tolerancia a Roundup»). *Environmental Sciences Europe*, 26 (14), 2014, DOI: 10.1186/s12302-014-0014-5.

10. <<http://gmojudycarman.org/wp-content/uploads/2013/06/The-Full-Paper.pdf>>.

11. <<http://oneradionetwork.com/health/howard-vlieger-gmos-and-glyphosate-residue-in-crops-are-proven-to-disrupt-digestion-in-the-entire-food-chain-including-us-november-6-2012/>>.

12. <[http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-10-06/castellon-y-la-pseudociencia-usara-un-herbicida-irritante-en-plazas-y-parques\\_1048632/](http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-10-06/castellon-y-la-pseudociencia-usara-un-herbicida-irritante-en-plazas-y-parques_1048632/)>.

13. <<http://www.lavaca.org/notas/andres-carrasco-cientifico-y-militante-gracias/>>.

14. Mulet, J. M., «Letter to the editor regarding the article by Paganelli *et al.*» («Carta al editor sobre el artículo de Paganelli *et al.*»). *Chemical Research in Toxicology*, 24(5), 2011, p 609.

15.

[http://internacional.elpais.com/internacional/2015/04/13/actualidad/1428944889\\_293771.f](http://internacional.elpais.com/internacional/2015/04/13/actualidad/1428944889_293771.f)

16. <<http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/medicina-no-avala-el-informe-sobre-cancer-en-monte-maiz>>.

17. <<http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/160720>>.

18. <<https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/140522b>>.

1. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Transg%C3%A9nesis>>.

2. <[http://www.lavozdeg Galicia.es/galicia/2009/08/21/0003\\_7920354.htm](http://www.lavozdeg Galicia.es/galicia/2009/08/21/0003_7920354.htm)>.

3. <<https://twitter.com/RubenSanchezTW/status/797770633434320897>>.

4. <[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/03/30/actualidad/1333110620\\_706425.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/03/30/actualidad/1333110620_706425.html)>.

5. <<http://www.nature.com/articles/srep34918>>.

1. <[http://elpais.com/diario/1990/12/08/economia/660610819\\_850215.html](http://elpais.com/diario/1990/12/08/economia/660610819_850215.html)>.

2. <[http://www.nytimes.com/2016/10/30/business/gmo-promise-falls-short.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2016/10/30/business/gmo-promise-falls-short.html?_r=0)>.

3. <http://weedcontrolfreaks.com/2016/10/the-tiresome-discussion-of-initial-gmo-expectations/>.

4. <http://globalfarmernetwork.org/2016/11/message-ny-times-farmers-choose-plant-gm-crops-delivering-benefits/>.

5. Klümper, W. y Qaim, M., «A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops» («Un metaanálisis de los impactos de los cultivos genéticamente modificados»). *PLOS One*, 3 de noviembre de 2014 <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>>.

6. <<http://fundacion-antama.org/wp-content/uploads/2016/10/INFORME-BENEFICIOS-1998-2015.pdf>>.

7. Brookes, G., Yu, T. H., Tokgoz, S. y Elobeid, A., «The Production and Price Impact of Biotech Corn, Canola, and Soybean Crops» («La producción y el impacto en los precios del maíz, colza y soja biotecnológica»). *AgBioForum*, 13(1), 2010, pp. 25-52.

8. <<http://www.lefigaro.fr/actualite-france/2015/10/11/01016-20151011ARTFIG00115-en-bretagne-600-croix-erigees-en-hommage-aux-agriculteurs-suicides.php>>.

9. <<http://www.lasprovincias.es/economia/201410/08/acusaciones-entre-eurosemillas-conflicto-20141008000535-v.html>>.

10. Seguí, J. M., Poza, J. L., Mulet, J. M., *Estrategias de divulgación científica*, Servei de Publicacions de la UPV. 2015 ISBN: 978-84-9048-320-6.

11. <<http://librodenotas.com/opiniondivulgacion/21305/no-es-la-tecnologia-estupidos>>.

12. <<http://www.losproductosnaturales.com/2013/10/Greenpeace-espana-vende-semillas-de.html>>.

13. <<http://www.greenpeace.org/espana/es/news/2012/July/Greenpeace-presenta-un-ERE-del-12-de-la-plantilla/>>.

14. <<http://www.upv.es/noticias-upv/noticia-7079-alerta-agroalim-es.html>>.

15. Masip, G., Sabalza, M., Pérez-Massot *et al.*, «Paradoxical EU agricultural policies on genetically engineered crops» («Políticas agrícolas paradójicas de la UE sobre cultivos modificados genéticamente»). *Trends in Plant Science*, 18(6), 2013, pp. 312-324.

16. Smyth, S. J., Phillips P. W. y Kerr, W. A., «EU Failing FAO Challenge to Improve Global Food Security» («La UE no cumple con los desafíos de la FAO para mejorar la seguridad alimentaria mundial»). *Trends in Biotechnology*, 34(7), 2016, pp. 521-523.

17. <<https://www.theguardian.com/environment/2015/feb/03/ec-anne-glover-gm-crops-greenpeace>>.

18. <<http://www.slowfoodib.org/es/slowfood-ib-transgenicos.php>>.

19. <<http://jmmulet.naukas.com/2015/03/17/buscamos-a-un-agricultor-obligado-a-sembrar-transgenicos/>>.

20. <<http://www.nature.com/news/seed-patent-case-in-supreme-court-1.12445>>.

21. <<http://www.euroxpress.es/noticias/los-transgenicos-contaminan-los-cultivos-ecologicos>>.

22. <http://www.agronegocios.es/la-unio-pide-a-la-generalitat-valenciana-que- retire-la-normativa-de-la-pinyola/>.

23. <[http://elpais.com/diario/2011/09/07/sociedad/1315346409\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/09/07/sociedad/1315346409_850215.html)>.

24. <<http://www.Greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/resumen-del-informe-la-imposi.pdf>>.

25. <<http://jmmulet.naukas.com/2013/12/17/despilfarro-solidario/>>.

26. <<http://globalfarmernetwork.org/es/2016/06/open-letter-to-the-eu-parliament-from-a-kenyan-farmer-leave-africa-alone/>>.

1. Schenkelaars, P., «Relations with environmental organisations: a very personal story» («Relaciones con organizaciones ambientales: una historia muy personal»). Dentro de «Successful science communication», Bennet, D. J. y Jennings, R. J., eds. Cambridge University Press, 2011.

2. <<http://www.agrodigital.com/PlArtStd.asp?CodArt=58264>>.

3. <[http://www.lesechos.fr/25/06/2013/lesechos.fr/0202852508651\\_francois-fillon-met-le-progres-en-tete-de-son-projet-presidentiel.htm](http://www.lesechos.fr/25/06/2013/lesechos.fr/0202852508651_francois-fillon-met-le-progres-en-tete-de-son-projet-presidentiel.htm)>.

4. <<http://www.agrodigital.com/PlArtStd.asp?CodArt=65672>>.

5. Aquí os dejo dos <[https://www.youtube.com/watch?v=bXjKGqZd\\_H4](https://www.youtube.com/watch?v=bXjKGqZd_H4)> y <<https://www.youtube.com/watch?v=mmU04AqUtzo>>.

6. <[http://www.nytimes.com/interactive/2015/09/06/us/document-benbrook.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/interactive/2015/09/06/us/document-benbrook.html?_r=0)>.

7. <<http://www.foodsafetynews.com/2016/06/whole-foods/#.WA2uJuCLSuk>>.

8. <<http://www.elmundo.es/mundodinero/2007/01/31/economia/1170261989.html>>.

9. [http://www.eldiario.es/sociedad/transgencios-cientifica-critica-Alvarez-Buylla\\_0\\_263173824.html](http://www.eldiario.es/sociedad/transgencios-cientifica-critica-Alvarez-Buylla_0_263173824.html).

10. <<http://jmmulet.naukas.com/2016/06/02/concienciados-o-desinformados-encuesta-sobre-ogm-a-los-participantes-en-la-marcha-contra-monsanto/>>.

11. <<http://agendacomunistavalencia.blogspot.com.es/2016/05/desenmascarando-al-sionista-pepe-mujica.html>>.

12. <<http://www.elmundo.es/america/2010/04/21/noticias/1271833317.html>>.

13. <[https://es.wikipedia.org/wiki/Ej%C3%A9rcito\\_del\\_Pueblo\\_Paraguay](https://es.wikipedia.org/wiki/Ej%C3%A9rcito_del_Pueblo_Paraguay)>.

14. <http://www.elcomercio.com/actualidad/politica/correa-dice-que-prohibicion-constitucional.html>.

15. <<http://www.florigene.com/product/production.html>>.

16. <<http://www.nature.com/news/2011/110111/full/news.2011.10.html>>.  
com

17. <<http://www.newyorker.com/magazine/2014/08/25/seeds-of-doubt>>.

18. <<http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/india/11845586/Indiabans-foreign-funds-for-Greenpeace-in-latest-crackdown-on-charities-with-Western-ties.html>>.

19. <<http://timesofindia.indiatimes.com/india/Rape-sexual-harassment-allegations-rock-Greenpeace-India/articleshow/47684049.cms>>.

20. <<http://www.bbc.com/news/science-environment-23632042>>.

21. <http://www.abc.net.au/news/2011-07-14/20110714-Greenpeace-gm-protest/2794272>.

22. <<http://www.thejakartapost.com/news/2013/05/20/development-underway-first-transgenic-sugarcane-plantation.html>>.

23. <<https://www.theguardian.com/science/2002/jun/01/gm.zimbabwenews>>.

1. <<http://listadelaverguenza.naukas.com/2015/09/01/el-etiquetado-de-los-transgenicos/>>.

2. <<http://www.bloomberg.com/features/2015-chipotle-food-safety-crisis/>>.

1. <[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/2002/09/28/52305.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2002/09/28/52305.php)>.

2. <<http://www.ingenierosdemontes.org/Prensa.aspx?id=en-respuesta-a-ecologistas-en-accion-sobre-bosques-e-incendios>>.

3. <<http://www.agenciasinc.es/Noticias/El-suero-contra-el-ebola-hecho-de-tabaco-transgenico-elimina-la-infeccion-en-monos>>.

4. <<http://www.publico.es/ciencias/gobierno-creara-lista-negra-parcelas.html>>.

5. <<http://www.20minutos.es/noticia/1074988/0/>>.

6. <<https://bioteoria.wordpress.com/2016/10/31/criticas-a-los-transgenicos-por-motivos-socioeconomicos/>>.

1. <<http://www.bayer.com/en/compensation.aspx>>.

2.

<[http://www.upv.es/entidades/SRH/menu\\_urlv.html?entidades/SRH/retribuciones/U07186](http://www.upv.es/entidades/SRH/menu_urlv.html?entidades/SRH/retribuciones/U07186)

3. <<https://www.quora.com/How-much-is-the-salary-of-the-president-of-a-big-NGO-like-Green-Peace-for-example>>.

4. <<https://www.theguardian.com/environment/2014/oct/04/wwf-international-selling-its-soul-corporations>>.

5. <<http://www.wrongkindofgreen.org/2014/11/09/watch-at-top-level-wwf-is-pro-gmo-advocates-genetic-engineering/>>.

6. <<https://twitter.com/laorejadevgogh/status/748785371614285826>>.

7. <[http://elpais.com/diario/2002/08/03/sociedad/1028325604\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2002/08/03/sociedad/1028325604_850215.html)>.

8. <http://lists.redsemillas.info:8080/pipermail/lista.comunicacion/2009-July/001108.html>.

9. Fernández-Guiral, E., «Los transgénicos y su tratamiento informativo en la prensa española en el contexto del periodismo de divulgación», tesis doctoral, UAM, Madrid, 2016.

10. <<http://www.levante-emv.com/suscriptor/mercantil-valenciano/2016/03/06/cultivo-citricos-desaparecer/1388007.html>>.

11. <[http://www.abc.es/hemeroteca/historico-08-11-2006/abc/Catalunya/absuelto-el-activista-acusado-de-la-siega-de-una-plantacion-de-transgenicos\\_1524148037822.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-08-11-2006/abc/Catalunya/absuelto-el-activista-acusado-de-la-siega-de-una-plantacion-de-transgenicos_1524148037822.html)>.

12.

<<https://www.facebook.com/UnbiasedAmerica/photos/a.130184327167571.1073741828.12type=1&theater>>.

13. <[http://elpais.com/diario/2010/07/16/catalunya/1279242440\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2010/07/16/catalunya/1279242440_850215.html)>.

14. <<http://www.ecologistasenaccion.es/article18056.html>>.

15. Kuntz, M., «Destruction of public and governmental experiments of GMO in Europe». *GM Crops and Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*, 3(4), 2012, pp. 1-7.

16. <<https://www.theguardian.com/commentisfree/2012/may/25/greens-science-gm-food>>.

17. <<https://www.theguardian.com/environment/2012/jun/01/letter-take-flour-back-rothamsted>>.

18. <<http://de-avanzada.blogspot.com.es/2014/07/colaboradores-Monsanto.html>>.

1. <<http://www.foe.org.au/chain-reaction/editions/124/sales>>.

2. <http://www.greenpeace.org/eu-unit/en/blog/new-gm-food-untested-unlabelled/blog/55344/>.

3. <<http://www.publico.es/ciencias/miedo-transgenicos-acabara-finales-decada.html>>.

4. <<http://www.wsj.com/articles/SB120882720657033391>>.

5. <<http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/hacia-un-futuro-libre-de-pvc.pdf>>.

6. [http://www.eldiario.es/tribunaabierta/EQUO-ecologia-politica-cambiar-modelo\\_6\\_566653355.html](http://www.eldiario.es/tribunaabierta/EQUO-ecologia-politica-cambiar-modelo_6_566653355.html).

7. <<https://twitter.com/RubenSanchezTW/status/797770633434320897>>.

8. <<https://www.facua.org/es/noticia.php?Id=1391>>.

9. <<http://www.redandaluzadesemillas.org/centro-de-recursos/alianzas-y-convenios/palt-plataforma-andalucia-libre-de/noticias-166/article/trigo-transgenico-sin-gluten-no-en>>.

10. <<https://www.geneticliteracyproject.org/2016/07/28/bepocalypse-myth-handbook-dissecting-claims-of-pollinator-collapse/>>.

*Transgénicos sin miedo*

*Todo lo que necesitas saber sobre ellos de la mano de la ciencia*

J. M. Mulet

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.

Puede contactar con CEDRO a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

© J. M. Mulet, 2017

© Editorial Planeta, S. A. (2017)

Ediciones Destino es un sello de Editorial Planeta, S.A.

Diagonal, 662-664. 08034 Barcelona

[www.edestino.es](http://www.edestino.es)

[www.planetadelibros.com](http://www.planetadelibros.com)

© de la imagen de la cubierta: Edmon de Haro

Primera edición en libro electrónico (epub): junio de 2017

ISBN: 978-84-233-5246-3 (epub)

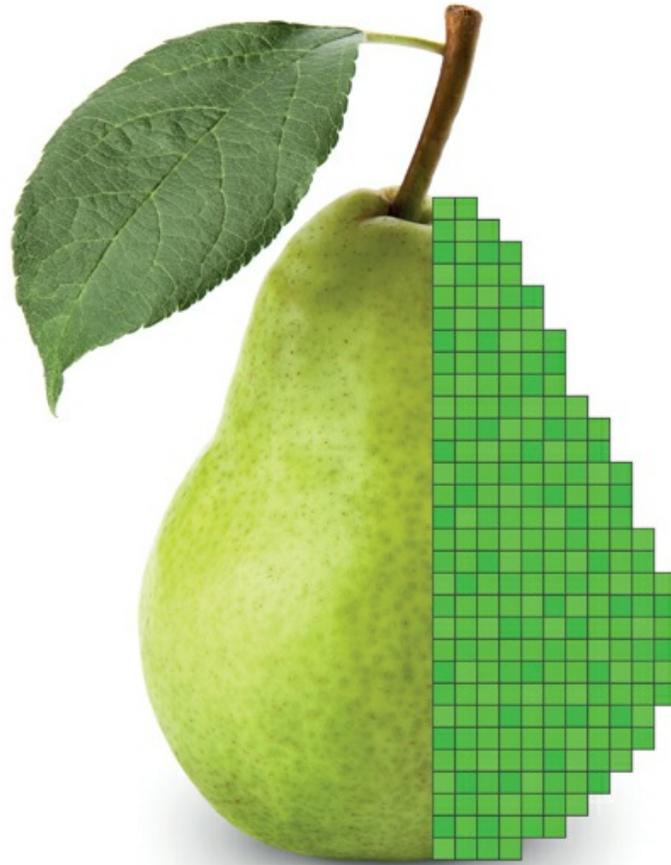
Conversión a libro electrónico: Newcomlab, S. L. L.

[www.newcomlab.com](http://www.newcomlab.com)

# Transgénicos sin miedo

J. M. Mulet

Todo lo que necesitas  
saber sobre ellos  
de la mano de la ciencia



DESTINO