

Mitos

Transgénicos

Rosa Porcel
Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas
Universidad Politècnica de València

El apocalipsis que no acaba de llegar

Llevamos modificando el ADN de los alimentos; ¿mito o realidad? Está claro que es realidad. Desde que se inició la agricultura hace más o menos 12 000 años en distintas zonas del mundo, se fueron domesticando los cultivos gracias a distintas técnicas. Básicamente, selección. ¿Qué se seleccionaba? Pues alguna cualidad que resultara interesante. El brócoli, el rábano, la col de Bruselas, la coliflor, el romanesco, el kai-lan, la berza, etc. proceden todos de la misma planta, la *Brassica oleracea*.

¿Qué ocurrió? Que en función de la parte del alimento que quisieran desarrollar más, se fueron generando distintos alimentos. Por ejemplo, si pretendían potenciar flores y tallo, obtuvieron el brócoli. Si solo querían desarrollar el tallo, se obtuvo el rábano. Si buscaban mayor producción de hojas aparecieron la berza, la col o el kai-lan... y en el caso de las flores, el romanesco y la coliflor. Había una serie de caracteres en los cultivos que en aquella primera sociedad agrícola, y aún hoy en día, nos sigue interesando seleccionar. Por ejemplo, que las plantas tengan un tamaño determinado, que todas las espigas maduren simultáneamente o que el tamaño de la semilla sea mayor.

Una de las acciones más importantes fue bloquear

genes responsables de la toxicidad. Como sabréis, la patata, la berenjena, el tomate y el pimiento pertenecen a la familia de las solanáceas. Se llama así por la presencia de un compuesto tóxico, un alcaloide con efectos muy potentes incluso con una dosis muy pequeña, llamado solanina. A lo largo de cientos y miles de años hemos conseguido ir reduciendo el contenido de ese alcaloide en estos cultivos lo suficiente como para no morir, aunque aún podemos detectarlo. ¿Has visto alguna vez una zona verde en una patata, incluso bajo la piel? Esa es la solanina, y sigue presente. De hecho, los tomates verdes, aquellos que son verdes estando maduros (no los inmaduros), tienen mayor contenido de solanina y de ahí viene lo de «tomates verdes (mejor) fritos». El cultivo original de tomate silvestre consistía en una pequeña baya del tamaño de una aceituna, tan tóxica que podía matar. Gracias a esa selección artificial hecha por el hombre, se fue domesticando para que se perdiera esa toxicidad.

En la figura 1 tenéis la evolución de distintas plantas. La A es una sandía de un bodegón, de un cuadro de Giovanni Stanchi, del siglo XVII. Hace solo 400 años la sandía era difícil de partir, dura, tenía la carne blanca, probablemente muy poco dulce y estaba llena

El brócoli, el rábano, la col de Bruselas, la coliflor, el romanesco, el kai-lan, la berza, etc. proceden todos de la misma planta, la *Brassica oleracea*



Fig. 1: a) Sandía original (bodegón de Giovanni Stanchi); b) Plátano original con semillas; c) Espigas de teosinte, antecesor silvestre del maíz (Wikimedia)

de semillas. Hoy en día las sandías no tienen pepitas y están dulces. El plátano también es un buen ejemplo (Fig. 1B). Los primeros plátanos eran mucho más pequeños y estaban tan llenos de semillas que prácticamente no tenían parte comestible. Actualmente son mucho más grandes y no tienen semillas (por eso son estériles). También hay que mencionar el maíz, uno de los primeros cultivos de la historia. El maíz original (Fig. 1C) era una pequeña espiga que fue mejorada a lo largo del proceso de domesticación para darnos lo que hoy disfrutamos como una mazorca.

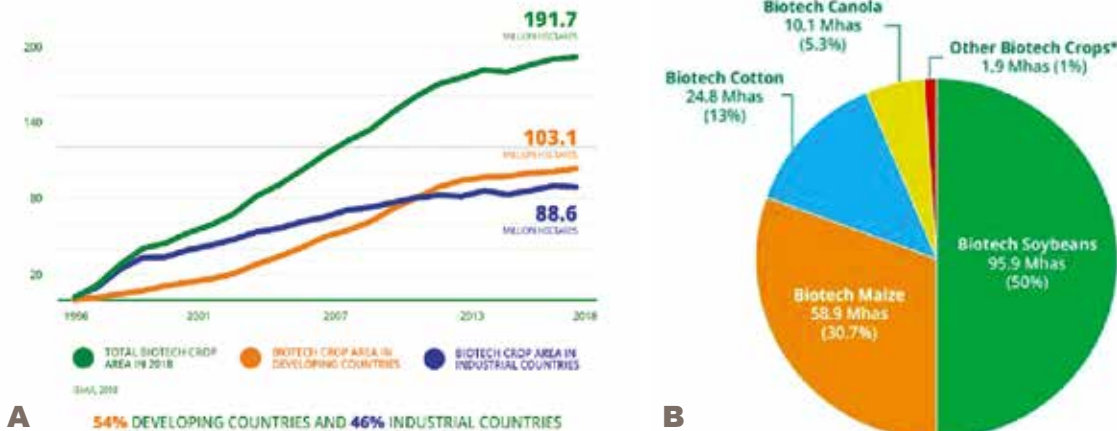
A lo largo de cientos y miles de años se han ido domesticando los alimentos, se ha ido modificando ese ADN a través de procesos de selección, hibridaciones, cruzamientos y más recientemente, ya en la década de los años setenta, con la mutagénesis. A través de esta tecnología se ha obtenido la mayoría de los cultivos que tenemos hoy en día. De pronto surgió la ingeniería genética. Aplicada a la alimentación no hacemos tomates con aspecto de kiwi en el interior, ni inyectamos líquido rojo a un tomate verde. Durante mucho tiempo, estas eran las imágenes que arrojaba Google al buscar «transgénicos». Por definición, un transgénico es un organismo donde se ha introducido un fragmento de ADN que procede de otro organismo distinto, y esto se ha hecho mediante ingeniería genética.

Este término de *ingeniería genética*, que parece tan

novedoso, no lo es. Basta con ir a la propia naturaleza para ver que ya estaba inventado. Uno de los métodos que tenemos para hacer plantas transgénicas se basa en el uso de una bacteria presente en el suelo llamada *Agrobacterium tumefaciens* (actualmente *Rhizobium radiobacter*). Esa bacteria tiene la capacidad de infectar una planta y provocar tumores porque introduce en su genoma la información para que esto ocurra. Nosotros aprovechamos esta capacidad de introducir información genética en la planta para cambiarla por la que queremos, de manera que introducimos una nueva cualidad sin provocar ninguna enfermedad en la planta.

Hay más ejemplos que demuestran que la transgénesis es un proceso natural. *Elysia chlorotica* es una babosa de mar que llama la atención porque es verde esmeralda. ¿A qué se debe este color? *Elysia* se alimenta de algas, pero cuando estas escasean, sube a la superficie y toma el sol. ¡Está haciendo la fotosíntesis! Es uno de los pocos animales que nos va a sorprender realizando un proceso que parecía exclusivo de plantas. La particularidad de este gasterópodo es que la evolución ha hecho que no solo adquiera de las algas de las que se alimenta los cloroplastos necesarios para sintetizar su alimento a partir de la luz, sino que ha incorporado a su ADN los genes responsables de llevar a cabo este proceso. Roba los cloroplastos responsables de ese precioso color verde (hecho conocido como

Fig. 2: a) Evolución de la superficie dedicada a cultivos biotecnológicos (1996-2018) b) Proporción dedicada a distintos tipos de cultivo: Soybeans (soja); maiz (maíz); cotton (algodón); canola (colza); others (otros: remolacha, patata, manzana, calabacín, papaya y berenjena); (isaaa.org)



cleptoplastia), los incorpora y se alimenta de la energía solar cuando no hay algas suficientes como alimento. Y lo hace porque tiene genes que vienen de organismos fotosintéticos y que funcionan perfectamente ¿No es alucinante?

Son muchos mitos los que encontramos sobre este tema, tantos que he tenido que seleccionar algunos.

Mitos económicos

Habréis oído decir que hay menos superficie de organismos de cultivo biotecnológico que de cultivos convencionales. Y he puesto aquí un «depende». Vamos a ver cifras, las cifras oficiales. Actualmente hay dieciocho millones de agricultores que cultivan alimentos transgénicos. La Unión Europea, aunque solo tiene autorizados dos y de esos dos solo cultiva uno, importa 106. No tiene mucho sentido que solo se esté sembrando uno, pero importemos más de cien.

En la gráfica de la figura 2 podéis ver que a lo largo del tiempo, desde más o menos 1996, que fue cuando empezaron a despuntar hasta 2018, que es de cuando tenemos cifras, el área destinada a cultivos biotecnológicos ha ido aumentando con el tiempo. La mayor superficie es ocupada por la soja, luego el maíz, seguida del algodón y la colza. Claramente se ve que en el caso de la soja y del algodón hay mayor superficie de cultivos biotecnológicos, cosa que no ocurre, por ejemplo, con el maíz o con la colza. Por eso digo que depende, depende del cultivo que estemos hablando. La superficie de cultivo biotecnológico modificado genéticamente es superior a la convencional.

Hablar de transgénicos y no hablar de Monsanto es como hablar de Valencia y no mencionar la paella. Está muy extendida la creencia de que las compañías *biotech*, especialmente Monsanto (que ya ni siquiera existe), son las únicas que se benefician de esta tecnología o bien que una sola empresa tiene el monopolio. No es cierto. En la figura 3 se puede ver el desarrollo de los cultivos por cada uno de los países. Hay países como Ecuador, Cuba, Nigeria, Uganda, Bangladés, Filipinas, Indonesia e incluso Kenia y Sudáfrica. Algunos cultivos están en investigación todavía, pero en otros como Cuba, Bangladés o Indonesia ya está aprobado. Todos estos desarrollos se han llevado a cabo en universidades o centros de investigación públicos,

no hay ninguna empresa detrás que cope el mercado.

Hablemos de los agricultores. ¿Se ven obligados a comprar semillas modificadas genéticamente cada año? Sí es cierto que cada año compran semillas. ¿Pero por qué? Simplemente porque les interesa. Si siembran la semilla que obtienen, cada año van a tener menos rendimiento y esto no se debe a ninguna manipulación de la semilla, es cuestión de genética. Las plantas no van a ser tan fuertes, no van a ser tan resistentes a la sequía o a otro tipo de estrés. En definitiva, van a tener una peor calidad si se cultivan esas semillas. Ellos saben que esto ocurre y no se arriesgan a perder productividad, así que compran semillas cada año. Pero es que esto pasa tanto con las semillas biotecnológicas como con las semillas convencionales. No tiene nada que ver con que sean cultivos transgénicos.

Mitos ambientales

Nos vamos al medio ambiente. Mucha gente piensa que un problema puede ser la polinización cruzada entre cultivos modificados genéticamente y otros convencionales. ¿Podría suceder? La verdad es que sí, si no se toman las medidas adecuadas. Pero si ocurriera, sería una excepción y no la regla. De hecho, en la Unión Europea no se ha celebrado ningún juicio por esta causa y llevamos dieciocho años plantando cultivos biotecnológicos junto a cultivos convencionales. Lo que ocurre es que los agricultores llevan a cabo una serie de prácticas para evitar que esto tenga lugar. Por ejemplo, distancia e hileras de aislamiento entre los cultivos, diferentes fechas de floración, limpieza de equipos, trazabilidad, etiquetado, etc.

Otro de los mitos frecuentes es el de «los cultivos transgénicos, resistentes a insecticidas, afectan a otros animales». El más sonado de este tipo de cultivos es el maíz bt, que, por cierto, es el único que se cultiva actualmente en la Unión Europea y del que España es el mayor productor. Este maíz tiene la característica de estar modificado para producir un insecticida natural. Produce una toxina generada por *Bacillus thuringiensis*. Es una tecnología que se lleva usando sesenta años en la agricultura ecológica y tiene un mecanismo de acción específico. Se ha visto que esta estrategia tiene menos efectos secundarios que los pesticidas

Este término de ingeniería genética, que parece tan novedoso, no lo es. Basta con ir a la propia naturaleza para ver que ya estaba inventado



Fig. 3: Distribución mundial de investigación pública en cultivos transgénicos (agrobio.org)



Fig. 4: Esquema del mecanismo de evaluación de riesgos para la salud de un alimento transgénico

convencionales y es selectiva y respetuosa con el medio ambiente. Corre la creencia de que estos cultivos están matando a la mariposa monarca. Esto preocupa a mucha gente y por ese motivo se han hecho muchísimos estudios científicos para evaluar hasta qué punto es así. El resultado es que no. Por una serie de razones, entre ellas que hay poco solapamiento entre la zona de alimentación de la mariposa y la zona de dispersión del polen; que el polen en realidad, una vez analizado, tiene muy poca toxicidad y en cualquier caso, no es suficiente para afectarla. Además, la mariposa no solo se alimenta del polen de maíz, con lo cual las conclusiones serían similares si el maíz fuera convencional.

Otro mito es que «los transgénicos han provocado el desarrollo de monocultivos». En este caso, probablemente quien piense esto es que no conoce los olivares de Jaén, los viñedos o los campos de girasoles. Obviamente los cultivos transgénicos no han provocado ningún desarrollo de monocultivo.

Mitos sobre la salud

Es el tema que más nos preocupa. ¿Son perjudiciales los transgénicos? El resumen es 20-0-0: son cifras del

último informe de la Comisión Europea, donde decía que en veinte años de cultivo de alimentos transgénicos se han producido cero problemas de salud y cero problemas medioambientales. Si un alimento transgénico está en el mercado, podemos decir que es seguro. Cada transgénico es un evento independiente y se tiene que evaluar de forma independiente. Esa evaluación consiste en un duro, largo y costoso proceso donde tienen que cumplir unos requisitos de manera que, si llega al final, pueda obtener la autorización (Fig. 4). En ese proceso se evalúan posibles problemas para la salud humana o riesgos ambientales. El coste económico que implica un proceso tan largo es lo que hace, entre otras cosas, que principalmente lo puedan asumir grandes multinacionales.

Si en algún momento del proceso de evaluación se demuestra que puede existir el más mínimo riesgo, se descarta y finalmente no se aprueba. Es algo que ocurrió con una soja, y cuando se detectó que podía generar alergias no fue autorizada. Esta soja se quiso enriquecer en metionina, un aminoácido escaso en esta legumbre. Para ello se utilizó un gen procedente de la nuez de Brasil. Se daba la casualidad de que la proteína producida por este gen era la responsable de la alergia que provoca este alimento, así que finalmente no fue comercializado. Esto nos demuestra que los que hay son seguros y que si alguno no lo es, las agencias reguladoras se encargan de no permitir que se comercialice.

Hay quien puede pensar que «pueden producir alergia, eso no se sabe, porque no llevan tanto tiempo usándose o consumiéndolos como para saber que no la producen». Hay alimentos convencionales que las producen y los vamos a encontrar en el supermercado: frutas como el plátano, el melocotón o el kiwi, sobre todo. También los frutos secos, el marisco, los huevos, el pescado, etc.

Cuando el alimento se está evaluando, se analiza si se ha consumido previamente esa proteína, si es similar a otra que provoque alergia, qué resultado ha dado en animales, en humanos... Insisto en que con este tipo de alimentos, si tuvieran problemas de alergenicidad, no estarían en el mercado. Se han convertido en los alimentos mejor evaluados y más seguros de la historia.

Por el contrario, sí se han desarrollado distintos alimentos transgénicos precisamente para combatir problemas de alergia, por ejemplo, el arroz transgénico frente al polen: hay gente que es alérgica al polen de cedro y al ciprés y desarrolla asma bronquial. Este arroz combate los síntomas de dicha alergia.

¿Para qué sirven los transgénicos? ¿Son realmente necesarios?

Vamos a dejar la alimentación un momento y nos vamos a ir a la medicina. En este sector tenemos el claro ejemplo de la insulina, que ya tiene casi cuarenta años de desarrollo. Antes de que la insulina fuera transgénica y se obtuviera de levaduras y bacterias

como *Escherichia coli*, la insulina se obtenía del páncreas de los cerdos. Una persona diabética insulino-dependiente necesitaba 50 cerdos, 50 páncreas a lo largo del año para satisfacer sus necesidades de insulina. Esto hacía que fuera un tratamiento caro, solo al alcance de unos pocos e inseguro, porque podía generar problemas de rechazo además de venir de cerdos en granja que podían estar enfermos. Se consiguió introducir el gen responsable de la síntesis de insulina humana en otros organismos para que estos la produzcan, con lo cual ya no había rechazo, y la cantidad de proteína producida y el bajo coste del proceso hacía que cualquier persona que la necesitara tuviera acceso a un tratamiento seguro. Fue una auténtica revolución médica de la que se benefician actualmente millones de personas.

Mediante esta tecnología hemos obtenido además anticoagulantes, la hormona del crecimiento, la paratiroidea, factores hematopoyéticos e incluso vacunas. Pero también se han desarrollado terneras que dan leche maternizada cuya composición es muy similar a la leche materna humana. Otras terneras producen leche con insulina o con otras moléculas terapéuticas (hormonas, colágeno, fibrinógeno, lactoferrina...).

Siguiendo con las aplicaciones médicas, podemos desarrollar cerdos para xenotrasplantes, es decir, utilizar cerdos como fuente de órganos y tejidos, de manera que evitaríamos el problema del rechazo y la consiguiente administración de un tratamiento crónico.

Como curiosidad, el primer medicamento obtenido mediante ingeniería genética utilizando animales transgénicos fue aprobado por la FDA en 2009, obtenido a partir de cabras transgénicas. En 2014 se aprobó uno obtenido en conejos y en 2015 en pollos.

También tenemos que tener en cuenta que los medicamentos no tienen el mismo tipo de regulación que los alimentos. El *molecular pharming*, un juego de palabras para designar la granja molecular, es un área de la biotecnología que trata de utilizar plantas para producir compuestos de interés farmacológico o de interés industrial, ya que pueden ser no solo moléculas con aplicaciones terapéuticas sino también

pigmentos o enzimas, por ejemplo. En este momento, con la pandemia de covid y mucha investigación para desarrollar vacunas en el menor tiempo posible, muchos proyectos se han centrado en la utilización de plantas transgénicas de tabaco. También fue de estas plantas de donde obtuvieron en su día el suero experimental *ZMapp* con el que trataron a la enfermera Teresa Romero cuando enfermó de ébola.

Pero si escalamos un poco más allá y damos un giro de tuerca, de las plantas no solo podemos producir productos de interés farmacológico, sino que directamente comiéndonos una determinada planta nos podríamos inmunizar frente a cierto tipo de enfermedades. Pongamos un ejemplo: se ha desarrollado una lechuga que al comerla nos inmunizamos frente a la hepatitis B. Tenemos patatas que inmunizan frente al cólera o espinacas frente a la rabia. Y podríamos mencionar muchos ejemplos. Todo esto tiene la ventaja de que, pensando en ciertas regiones del mundo donde guardar la cadena de frío es complicado o no se dispone de la logística adecuada, se podría dotar de estos cultivos para evitar personal sanitario, agujas y pinchazos. Además, es barato.

Cuando al principio desarrollábamos cultivos transgénicos, hace ya veinte años, se trataba de que ofrecieran una ventaja sobre todo al agricultor: cultivos resistentes a enfermedades, a herbicidas o a varias condiciones ambientales como sequía, por ejemplo.

Pero llegó un momento en el que se empezó a pensar no solo en el agricultor, sino también en el consumidor. Y entonces, además de esos beneficios, se les empezó a dotar de ventajas para estos. ¿Qué tipo de ventajas? Pues un alimento enriquecido nutricionalmente, más saludable. Uno de ellos es el arroz dorado, quizá el más conocido.

En el sudeste asiático, el arroz es la base de la alimentación de 800 millones de personas. A pesar de ser un alimento nutritivo, es deficiente en betacaroteno, precursor de la vitamina A, lo que origina que más de un millón de niños mueran al año por enfermedades derivadas de la falta de esta vitamina y medio millón sufra xerofthalmia severa (la mitad morirá el mismo

Se han desarrollado distintos alimentos transgénicos para combatir problemas de alergia, por ejemplo, el arroz que combate los síntomas de alergia al polen de cedro y de ciprés



Fig. 5: Piña rosa (Piqsels.com) y tomate púrpura (Tiffany Woods, Flickr), enriquecidos en antioxidantes

año). Este arroz ha demostrado a lo largo de los años y de muchísimas investigaciones científicas ser efectivo para evitar este problema tomando solo 60 g al día, algo que es completamente viable. Sin embargo, a pesar de esto y de ser un producto cuya patente fue liberada para fines humanitarios, no termina de llegar a todos. Preguntemos a los grupos ecologistas que durante años han ejercido tal presión que, en una carta firmada por más de 100 premios nobel, se llegó a calificar este bloqueo de crimen contra la humanidad.

En el mercado tenemos (Fig. 5) una piña de color rosa, debido a su contenido en antioxidantes, moléculas de efecto anticancerígeno. De forma similar, también enriquecido en antioxidantes tenemos un tomate púrpura o el arroz púrpura, de un precioso color morado. Disponemos de patatas con menor contenido en acrilamida, compuesto tóxico originado con la fritura, trigo apto para celíacos —desarrollado por Francisco Barro en el Instituto de Agricultura Sostenible—, cultivos donde se ha conseguido que la proporción de

ácidos grasos sea más saludable o que contengan el aminoácido del que carecían para conseguir un perfil nutricional más completo. En definitiva, todos tendrán mejores propiedades organolépticas o nutricionales.

Yo creo que es tarde para decir que no a los transgénicos. Llevan con nosotros muchísimo tiempo, en forma de insulina, billetes de euro hechos con algodón transgénico, productos de limpieza, líquido de lentejas, algodón sanitario... La tecnología empleada para obtener todo esto es la ingeniería genética y algunos de esos cultivos, como el algodón, son transgénicos. Sin embargo, a pesar de que muchos de los productos con los que convivimos tengan su origen en esta tecnología, prácticamente no estamos comiendo alimentos transgénicos. No tenéis más que coger una etiqueta y leerla. España es uno de los países donde por ley se tiene que etiquetar si el contenido supera el 0,9 %.

Y en cuanto a la percepción social de los transgénicos, por suerte están cambiando las cosas. En el año 2000, en una estación de metro de los Países Bajos, Greenpeace colocó carteles donde aparecía una lechuga y un texto que decía «tu lechuga permanece fresca y saludable porque hemos puesto genes de rata en ella», firmado por el Centro de Investigación Genética de Texas (con logo de la Universidad de Texas A&M incluido para darle credibilidad a la información, claro). Obviamente ni entonces ni ahora se han puesto genes de rata en la lechuga.

Y aunque hubiera sido así, no habría pasado nada, porque los genes son genes, vengan de lechuga, de tomate, de bacterias del suelo, de perro o de ternera, da exactamente igual. El código genético es universal, y todos los seres vivos hablamos el mismo idioma formado por las mismas letras. En una encuesta donde se preguntó a la sociedad si el uso de transgénicos suponía más beneficios que perjuicios, la opinión mejoró de 2014 a 2016.

De hecho, en otra encuesta de la FECYT se preguntó si comer un fruto modificado genéticamente cambiaba los genes de la persona que lo come. Durante algunos años, la proporción de gente que contestaba afirmativamente (de forma errónea) era alta y hemos sido testigos poco a poco de que el porcentaje ha ido disminuyendo. Parece que hay más gente informada y que algunos probablemente tenían una opinión formada y la han cambiado. Quiero pensar que la divulgación científica también ha tenido algo que ver.

A pesar de esto, siempre tendremos el *marketing* y el sensacionalismo por el que podemos anunciar un papel de fumar 100 % natural sin transgénicos (no olvidemos que lo malo no es fumar sino hacerlo usando un papel transgénico), o sal del Himalaya sin OMG, porque como todo el mundo sabe, la sal es transgénica... O el colmo de los colmos: agua que además de anunciarse como «sin azúcar», «sin cafeína» y «sin nada artificial» también se anuncia como «sin OMG». Me pregunto si tampoco tendrá hidrógeno y oxígeno. Ver para creer y leer para ser libre.