

EDITORIAL

EL MAÍZ TRANSGÉNICO: UN DEBATE “EQUILIBRISTA” ENTRE LA POLÍTICA, LA ECONOMÍA, LAS IDEOLOGÍAS, Y LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA

Para contrarrestar el ataque a la planta de Maíz por insectos y herbicidas, se han desarrollado diversas estrategias, entre ellas la generación de maíz transgénico. En el maíz genéticamente modificado se insertan, por ingeniería genética, diversos genes, entre ellos el gen *Cry*, que proviene de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, lo que hace que el maíz exprese una proteína que se convierte en su propio insecticida. En esta forma, la planta se hace resistente a los insectos que naturalmente la atacan. Los insectos mueren después de consumir alguna de las partes de la planta; esto reduce o elimina la necesidad de insecticidas; insecticidas dañinos para la planta, para quien los aplica, y para quienes la consumen.

El glifosfato es un herbicida de amplio espectro sintetizado por John E. Franz en la década de los 70s. Esta molécula inhibe a la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato necesaria para el meta-

bolismo del chiquimato, interrumpiendo así la síntesis de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano, así como de otras moléculas ramificadas necesarias para la producción de folatos, ubiquinonas y naftoquinonas. Esto impide el crecimiento y provoca la muerte de las plantas. El maíz es sensible a diversas concentraciones del herbicida; sin embargo, al insertar un gen proveniente de *Agrobacterium tumefaciens*, la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa resultante es insensible a glifosfato, por esta razón el maíz puede crecer en presencia del herbicida, no así las malezas y plantas que compiten con el crecimiento del maíz.

Adicionalmente a los dos ejemplos anteriores, también se pueden producir productos agrícolas genéticamente modificados para inducir una mayor cantidad de compuestos nutritivos (por ejemplo, carotenoides), ausentes o escasos en tales semillas; plantas con la

capacidad de crecer en sitios semidesérticos, entre muchas otras aplicaciones.

El uso de maíz transgénico y otros organismos genéticamente modificados ha causado controversias en muchos países, tanto por su uso como alimento para animales y aún más por su empleo en la alimentación humana, sumado a los peligros que los ecologistas advierten sobre el riesgo de generar monocultivos y el desplazamiento de cultivos con semillas ancestrales y autóctonas. Por supuesto que México no es la excepción y al igual que en otros países, la polémica no solo se centra en los beneficios o perjuicios a los organismos o al ecosistema, sino que interviene diversos intereses que complican que los gobiernos tomen decisiones, que las empresas y productores puedan orientar el uso de transgénicos de la mejor forma y no solo obedeciendo los elementos del mercado y el interés económico, y que el consumidor, como

usuario final, pueda estar consciente de los riesgos o seguridad de su consumo, lo que le permitiría tomar la mejor decisión.

Es conveniente considerar que en México se siembran, desde la década de los 80s, variedades transgénicas de soya, algodón, calabaza, alfalfa, papaya, plátano, tomate, y papa, entre otros; por lo que se espera una argumentación bien sustentada que explique la negativa al empleo de cultivos de maíz transgénico. Esto requiere considerar la importancia del maíz para México, no solo económica y culturalmente, sino también con una fuerte carga idiosincrática como el alimento más representativo para las familias en el país.

La decisión sobre el uso de transgénicos tiene que hacer las veces de un equilibrista entre factores de todo tipo que incluyen intereses políticos, económicos, culturales, ecologistas, los tratados internacionales y los conocimientos científicos; todo ello contaminado con posturas ideológicas extremas, muchas veces irreconciliables, un enfrentamiento con poderosas empresas transnacionales, sin descartar los notables beneficios en la eficiencia de producción y la reducción de costos.

Algunos de los problemas que advierten quienes no aceptan al maíz transgénico es que tiene toxicidad y puede inducir enfermedad en animales y en las personas que los consumen. Los múltiples estudios para demostrar enfermedades o alteraciones tisulares o moleculares no

han podido ser definitivos en los seres humanos, la experimentación animal o en otros organismos. Una amplia discusión sobre concentraciones (dosis) y tiempo de exposición, aunado a las difíciles asociaciones epidemiológicas no permiten contundencia en los resultados y la idea de que a largo plazo se podrían tener daños no parece ser suficiente para desalentar su uso, ya que los intereses económicos y de producción predominan sobre la duda. La hipótesis de que a largo plazo algún metabolito puede causar enfermedad, aunque no puede ser desechada de manera simple, tampoco puede detener los estudios y su aplicación para lograr la seguridad alimentaria en el mundo, sostienen los que promueven y apoyan el uso de transgénicos. Vale la pena resaltar que notables especialistas y científicos se encuentran en ambos extremos del escenario.

La historia del empleo o uso de algunos alimentos y fármacos ha enseñado que en ocasiones después de un tiempo y bajo características particulares puede encontrarse algún tipo de daño, en ocasiones solo años después de su uso o aplicación en ciertos grupos poblacionales específicos o bajo condiciones particulares. Esto pasó, por ejemplo, con el maíz contaminado por hongos productores de aflatoxinas que causan cáncer hepático en las personas que los consumen, sobre todo en África, y que solo se asoció etiológicamente muchos años después. La talidomida es un fármaco no tóxico para la mayoría de las personas, pero resultó dañino

cuando se les recetó a mujeres en el primer trimestre del embarazo con el fin de evitar las náuseas y los vómitos. El fármaco provocó fallas en el desarrollo de las extremidades de sus hijos, pero la asociación etiológica solo se logró años después, cuando ya se tenían generaciones de niños con tales problemas. Estos son solo un par de ejemplos de condiciones adversas de uso de alimentos o fármacos que se develan solo tiempo después de su uso y para poblaciones particulares.

En los extremos de la discusión se vuelven a colocar las ideologías, el tiempo de su uso dará la razón a los que piensan que dañará de manera crítica en algún momento, pero no se puede saber el cuándo y el cómo, solo se piensa que sucederá y esa posibilidad es suficiente para eliminar estudios y desarrollos. El otro extremo se tiene cuando se argumenta que, dado que no hay demostración absoluta de efectos adversos, se puede hacer uso irrestricto y explotación absoluta de los transgénicos. Una posición intermedia podría ser más razonable y científicamente correcta: seguir realizando investigación y estar atentos al proceso evolutivo del uso de transgénicos con observaciones y trabajos científicos dirigidos.

En el sentido carcinogénico, el glifosato es una molécula que la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) clasifica como un compuesto del grupo 2A: *probablemente carcinógeno para el ser humano*, solo un escalón atrás de ser calificado como *carcinógeno*

para el ser humano (grupo 1), pero delante de *posiblemente carcinógeno para el ser humano* (grupo 2B). Estos grupos no son lineales en su interpretación y no quiere decir que le falta un punto para ser carcinógeno; sin embargo, los grupos son dinámicos y la acumulación de evidencias científicas pueden moverlos en un sentido o en otro. La clasificación en 2A indica que existen pruebas limitadas, insuficientes o inadecuadas de carcinogenicidad en humanos y discretas pero suficientes en experimentación animal; por lo que investigaciones orientadas a entender sus mecanismos moleculares, tisulares y orgánicos de beneficio o daño, permitirán abundar en un sentido de posibilidad de enfermedad o su inocuidad. Ejemplos de esta clasificación en 2A son las carnes rojas, el plomo, y el malatión; sin embargo, recordemos que esta clasificación es una evaluación como carcinógeno y no de otros elementos toxicológicos. Por supuesto, todos los factores farmacológicos y toxicológicos son cuestión de dosis, de manera que algo fisiológico a cierta dosis puede ser farmacológico a mayores dosis y tóxico a dosis aún más altas.

Y qué decir de demostrar la toxicidad o peor aún el daño del transgénico al ser humano, a la fauna, a la flora o en general al ecosistema, donde se tiene más dificultad para realizar estudios científicos contundentes; el daño a las plantas, el daño a las abejas, a los animales de cría, todo ello requiere experimentos controlados, con técnicas especializadas, con instrumentación

de última generación, todo lo cual genera costos de investigación enormes, y esto sin considerar todo el personal especializado que se necesita, los recursos tanto para sueldos de investigadores, personal técnico y auxiliar, como para apoyos para trabajo de campo; todo esto hace que las inversiones sean enormes. A todo lo anterior, se agrega que existen muchos núcleos de posibles daños que diversifican y atomizan las capacidades de investigación y los escasos recursos que se invierten en muchos países, como el nuestro.

Tampoco es posible que instituciones académico-científicas y gobiernos cuenten con inversión suficiente para estudiar y desarrollar vigilancias epidemiológicas en tantos aspectos. Baste decir que se tiene la cuenta conservadora de que aparecen al año más de 1,000 nuevos compuestos químicos en el mercado industrial, inimaginable las combinaciones de compuestos químico-biológicos potencialmente dañinos para el ser humano y el número es astronómico para el daño a los ecosistemas ¿Cuántos investigadores, infraestructura y dinero se requerirían para estudiar todo ello? Y en poblaciones humanas el problema se multiplica exponencialmente y las conclusiones se debilitan por los aspectos multifactoriales de las enfermedades y las limitaciones obvias para realizar experimentación.

Otros efectos nocivos que se aducen para oponerse al uso de transgénicos, no sin razón, son los que pueden provocar el

cultivo de las plantas transgénicas sobre los ecosistemas y los propios cultivos. Una de las bases de crítica es la generación de monocultivos de una variedad artificialmente exitosa contra ciertos insectos y resistente a un solo herbicida. Se propone que esa industria de cultivo amenaza la biodiversidad de plantas en el campo, lo que pone en riesgo la existencia de variedades naturalmente desarrolladas por intercambio de genes a partir de mecanismos desarrollados en la naturaleza; lo que permite la biodiversidad, la variedad, la diferenciación y la fortaleza genética que según la teoría evolutiva podrá generar organismos que podrían enfrentar resistencias a cambios y agresiones naturales. Evidentemente, esta misma generación natural de resistencia es ahora dirigida racionalmente a satisfacer las necesidades del cultivo y con fines de aumentar la producción con objetivos económicos y que coadyuban, directa e indirectamente, con la posibilidad de lograr la suficiencia alimentaria; misma que ahora tiene más que ver con distribución y condiciones geopolíticas y económicas que con la eficiencia de la producción mundial de alimentos. En tal sentido, las compañías de los transgénicos argumentan a su favor que se tiene mayor eficiencia con menor uso de fertilizantes, herbicidas, pesticidas e incluso agua. Claro está que, para lograrlo, se deben usar *sus* semillas, muchas veces estériles, con *sus* herbicidas, *sus* pesticidas y *sus* fertilizantes que tienen patentes y que incluso cuando la misma naturaleza provoca cambios muta-

cionales o la invasión por polinizadores a otras áreas de cultivo que no pagaron por la semilla, las compañías dueñas de las semillas fincan demandas millonarias contra esos agricultores.

Sin duda que las patentes y el desarrollo científico y tecnológico no tienen que ser altruistas y que esa investigación desarrollada y pagada con elementos privados debe de tener un retorno de inversión y ganancia, como es normal en un sistema capitalista. El desarrollo de biotecnología de alimentos y la farmacéutica son dos ejemplos de inversión privada que sin duda son contribuciones definitivas al desarrollo científico-tecnológico del mundo y que es imposible que esto fuera gratuito y solo con fines humanitarios y sociales. La generación de vacunas para evitar la gravedad de la COVID-19 mostró lo que se puede lograr si se permite la intervención de la industria farmacéutica y sus recursos. Aún con las ventajas evidentes del uso de la biotecnología, los biofármacos o los organismos transgénicos, tampoco se puede ir en contra de la seguridad ambiental y del bienestar de las propias personas a las que se pretende beneficiar. Es necesario terminar este punto anotando que los gobiernos difícilmente tienen el dinero para la inversión que se requiere para tales desarrollos, tanto para la investigación, como para la generación de los procesos necesarios para la industrialización, el control de calidad y su distribución masiva.

Otro problema derivado de la generación de monocultivos es

el desplazamiento de otros cultivos que de minoritarios se convertirían en limitados, locales o, en un futuro, extintos. Es cierto que algunos de esos cultivos son solo atractivos en forma regional o local y que pueden tener dificultades para su conservación, industrialización y transporte --como son el maíz arrocillo, cacahuacintle, cónico, chalqueño, dulce, mixteco, azul, verde o morado-- lo que los hace menos atractivos comercialmente pero que precisamente en la economía, cultura e idiosincrasia local tienen valor e importancia.

La intensidad de la discusión en México se entiende en el contexto de la realidad nacional: México produce al año alrededor de 23 millones de toneladas de maíz blanco, que se consumen principal, pero no exclusivamente, en forma de tortillas. Cada persona consume en promedio 196.4 kg de maíz por año, lo cual implica un consumo de 23 millones de toneladas anuales; en pocas palabras, producimos de maíz blanco prácticamente solo lo que consumimos.

Para el caso del maíz amarillo es otra historia. México produce 4 millones de toneladas anuales y se consumen más de 19 millones de toneladas, por lo que se está lejos de la autosuficiencia. El maíz amarillo se emplea para alimento de animales, por lo que la producción pecuaria se ve comprometida y obliga a la importación de 16 millones de toneladas anuales, provenientes básicamente de los Estados Unidos de Norteamérica (EUA) y aquí es

necesario recalcar que en EUA el 98% de la producción de maíz es transgénica.

La eficiencia de producción también es otra historia. La producción en México es de 9.5 toneladas de maíz amarillo y 11 del maíz blanco por hectárea, lo que representa una eficiencia de producción muy baja en comparación con la de países dominantes en el cultivo de este grano. En EUA el récord de eficiencia de producción de maíz en 2019 fue de 38.67 toneladas por hectárea, empresas y gobiernos aducen que la eficiencia en EUA es en gran medida por el uso de transgénicos. Otro factor es, sin duda, la modernización industrial de la agricultura. De ser el uso de transgénicos el mayor responsable de la mayor eficiencia en los EUA, es necesario indicar que sería poco realista pensar que el país podría ser autosuficiente a corto plazo con las variedades naturales de maíz. Lo anterior hace tentador el empleo de las variedades transgénicas en México para mejorar la eficiencia de producción, disminuir los costos y requerir menos herbicidas e insecticidas.

En medio de esta discusión, es importante remarcar que aproximadamente el 20% del gasto de las familias mexicanas en alimentos se invierte en la compra de maíz en sus diversas presentaciones, principalmente como tortillas. Por lo que la oposición a la producción con las variedades transgénicas debe estar poderosamente sustentada en evidencias científicas, de otra forma sería irresponsable el negarnos a usarlas,

y a menos de contar con resultados claros de la parte nociva *de facto*, la decisión del usuario final sería por un producto más barato y, por lo tanto, accesible a los bajos sueldos que tiene la mayoría de la población.

El gobierno mexicano ha prohibido el cultivo de maíz transgénico, pero no así su importación para su uso como alimento para animales. Si, como es de suponerse, el gobierno no importaría un alimento que implicara riesgo a la salud, por extensión se debilita la argumentación en

contra de su cultivo, excepto por las posibles implicaciones del monocultivo que ya se explicaron y que siguen siendo contrastadas con la coexistencia de la posibilidad de cultivos locales y regionales. Bajo el amparo del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica, mismo que suscribió el gobierno mexicano, los agricultores de EUA exportan a México más de 16 millones de toneladas de maíz amarillo, un negocio de 4,700 millones de dólares anuales, por lo cual no van a dejar de exigir su cumplimiento.

La discusión de los pros y contras, sobre el uso del maíz transgénico no va a terminar pronto y posiblemente será una discusión difícil, complicada y más ideológica, política y económica que científica. Se trata de un tema de suma importancia, en el cual se espera que los argumentos fundamentales no se mezclen únicamente con criterios extremos de orden ideológico o económico, y que los conocimientos científicos alcancen su madurez y den la razón a quien corresponda.

Información de: Planeación Agrícola Nacional
2017-2030, SAGARPA Monografías, volumen 1-132, IARC
4ª Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), INEGI
<https://www.ncga.com/get-involved/national-corn-yield-contest>
<https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/cibiogem/preguntas-frecuentes>)

Dr. Rafael Camacho Carranza
Instituto de Investigaciones Biomédicas Departamento
de Medicina, Genómica y Toxicología Ambiental
Universidad Nacional Autónoma de México
Editor de la REB

Dr. José Víctor Calderón Salinas
Departamento de Bioquímica Centro
de Investigación y de Estudios Avanzados
Editor en Jefe de la REB