

## ALIMENTOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE: LA POLÉMICA SOBRE EL ARROZ DORADO

### *GENETICALLY MODIFIED FOODS: THE CONTROVERSY OVER GOLDEN RICE*

Amaia Álvarez de Luis \*

Colegio Liceo Monjardín (España)

#### Resumen

La revolución de la genómica y la biotecnología moderna ha generado y seguirá generando muchos dilemas éticos y sociales y, por tanto, muchas polémicas. Las discusiones acerca de la innovación en agricultura han ido en aumento en los últimos 50 años, especialmente desde la introducción de los cultivos modificados genéticamente. Distintos argumentos se han puesto de manifiesto con el objetivo de apoyar las opiniones sobre el modo en el cual la agricultura debería desarrollarse en un futuro. El resultado ha llevado a un profundo debate que ha dividido a la opinión pública en grupos pro y anti- biotecnología. Uno de los principales centros donde actualmente se concentra esta disputa es precisamente en uno de estos cultivos que busca una mejora nutricional debido al aumento en aporte de vitamínico, el arroz dorado (*Golden Rice*). Es una variedad en la cual se insertan dos genes a través de las técnicas de Ingeniería Genética y tiene como resultado aumentar en los granos la cantidad de  $\beta$ -caroteno. Se piensa que esta variedad serviría para paliar endemismos en poblaciones juveniles como la ceguera, al mismo tiempo que disminuiría la malnutrición infantil y la desnutrición. El intento de aprobar y poder cultivar en diferentes países un cultivo genéticamente modificado como el arroz dorado ha suscitado una gran polémica. La reciente aprobación de su cultivo en Australia nos permite suponer que no serán sus defensores u opositores sino las comunidades locales las que determinen su futuro.

**Palabras clave:** Alimentos básicos. Organismos modificados genéticamente. Alimentos transgénicos. Arroz dorado. Defensores y opositores.

---

\*

**Abstract**

Genetic revolution, as well as modern biotechnology, has raised and will continue to raise many ethic and social issues and for that matter, a number of controversies. Debates on agricultural innovation have increased in the last fifty years due to the introduction of the genetically modified crops. Varied arguments have been put forward with the aim of supporting the way in which agriculture and farming should be scientifically developed in the future. As a result, a heated debate has divided public opinion into two groups: those standing for and against biotechnology. One of the main topics of this heated debate is the genetically modified variety of rice called Golden Rice owing to its high vitamin content that may result into quality improved nutrition. It is a variety in which two genes have been inserted by means of genetic engineering techniques and whose target is to increase the amount of  $\beta$ - carotene in the grain. It is argued that this variety will be the solution not just for blindness but also as a means of reducing malnutrition as well as undernourishment among the child population. The idea of endorsing and putting into practice the cultivation of a genetically modified crop such as Golden Rice in different countries has raised the controversy to higher levels. The recent approval of growing Golden Rice in Australia will lead us to the conclusion that its success and future will not depend either on the opponents or the sympathisers, but on the local communities.

**Key words:** Basic Food. Genetically Modified Organisms. Transgenic Food, Golden Rice, Defender and Opposing.

## INTRODUCCIÓN

Todos los seres vivos, incluido el ser humano, para poder vivir, sobrevivir y desarrollarse como organismos necesitan extraer del entorno materia y energía en forma de alimento. Se considera alimento humano cualquier sustancia de origen mineral, vegetal o animal que no sea venenosa, sea comestible o bebible y que además pueda ser asimilada por el organismo. El Código Alimentario español precisa esta definición: todas las sustancias o productos de cualquier naturaleza, sólidos o líquidos, naturales o transformados, que, por sus características, aplicaciones, componentes, preparación y estado de conservación, sean susceptibles de ser habitual o idóneamente utilizados a alguno de los fines siguientes: para la normal nutrición humana o como fruitivos o como producto dietético, en casos especiales de alimentación humana.

Desde los inicios de la Antropología uno de los temas centrales de sus investigaciones ha sido conocer los productos alimenticios que se producen, se elaboran y reparten, así como en los modos en que se preparan y cocinan para ser consumidos. Una ojeada de tipo transcultural nos permite constatar una inmensa cantidad y variedad de alimentos culturalmente testados. La mejor manera que tenemos para avanzar en un estudio cultural de los alimentos de un grupo social es la descripción etnográfica, así como el uso de clasificaciones basados en criterios que sean consistentes desde el punto de vista teórico y sean fértiles desde un punto de vista práctico. Pues bien, si tomamos como criterio de clasificación la cantidad que un determinado alimento está presente en la comida diaria de los miembros de un grupo social los antropólogos han realizado una triple clasificación: básico, extendido y periférico. Se entiende como alimento básico aquel que constituye el alimento central de la dieta, el que mayor cantidad de energía aporta y el más valorado por la población (Mintz y Schlettwein-Gsell, 2001; Passin y Bennett, 1943). Existen tres alimentos que han sido básicos en la historia de las civilizaciones: trigo, arroz y maíz. El más producido y consumido actualmente es el arroz. Es el alimento básico de la mayor parte de las sociedades del planeta pues cuatro partes de la población lo consumen.

Si tomamos como criterio de clasificación el modo de producción se distinguen cinco tipos de alimentos: industriales, transgénicos, artesanales, ecológicos y funcionales. Los industriales se caracterizan por ser producidos, procesados y comercializados con todos los avances que provienen de la tecno-ciencia iniciada con la Revolución Verde propiciada por Norman Borlaug y que progresivamente sustituye los tradicionales. Mientras que los transgénicos son aquellos generados a partir de las técnicas de Ingeniería genética y Edición

del genoma, los ecológicos son producidos de manera natural y sin el uso de productos químicos en su elaboración. Los artesanales se producen según técnicas tradicionales y garantizando la calidad del producto y por último los funcionales, alimentos cuyos nutrientes proporcionan al organismo un mejor estado de salud y bienestar. De entre todos ellos son los alimentos transgénicos (AT), también denominados alimentos modificados genéticamente (AMG), los que mayores disputas están produciendo en nuestra sociedad (Álvarez de Luis 2017, 41).

A través de toda la historia de la humanidad el ser humano ha ido modificando y seleccionando aquellos alimentos que ha considerado más beneficiosos para la salud humana y de mayor rendimiento de producción. Mediante el uso del cruce sexual y la aparición de mutaciones espontáneas se ha generado un gran número de variedades vegetales, razas animales y cepas microbianas. No solamente han sido producidos de manera azarosa, sino que también el hombre ha mejorado las razas de animales de granja y las variedades vegetales comestibles utilizando técnicas genéticas. Este hecho data desde que el hombre practica la agricultura dando como consecuencia una serie de procesos y conocimientos acerca del mejoramiento de los seres vivos (Griffin, 1979). Pero con la aparición de la Ingeniería Genética se produce un salto cualitativo. Las técnicas de ADN recombinante se aplican a la tecnología de alimentos creando los llamados alimentos modificados genéticamente o alimentos transgénicos (Álvarez de Luis 2019, 141). En comparación con los métodos que se habían venido usando tradicionalmente, los métodos modernos de Biotecnología logran un desarrollo más específico y rápido de productos alimenticios con características recombinantes. “Los alimentos transgénicos se desarrollan y comercializan porque existe una percepción de ventaja bien sea para los productores o para los consumidores” (WHO, 2014). Algunos de los principales cultivos comercializados hasta la fecha son soja, maíz, algodón o colza resistente a herbicidas e insecticidas. Adicionalmente, existen otros cultivos que han sido comercializados y/o testados para su cultivo son los boniatos resistentes a virus que frecuentemente destrozan gran parte de las cosechas africanas, arroz con un incremento en hierro y vitaminas que podrían aliviar endemismos de malnutrición en Asia, y plantas capaces de crecer en situaciones climatológicas extremas (Bawa y Anilakumar, 2013). Uno de los principales focos donde actualmente se concentra esta disputa es precisamente en uno de estos cultivos que busca un incremento en el aporte nutricional y vitamínico, el arroz dorado (Stone & Glover 2017, 90). Esta variedad transgénica de arroz recientemente acaba de ser aprobada en Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos (Abalagen et al. 2019; Le Page 2019; Sarmiento, 2018).

## El arroz

El arroz es una planta gramínea que se cultiva en terrenos muy húmedos o inundables. Se desconoce su origen, pero existe cierto consenso entre los arqueólogos en afirmar que los primeros cultivos de este cereal hay que situarlos en el periodo Neolítico y en las orillas del Ganges. Siguen dos vías paralelas. De un lado la vía de Occidente que se desarrolla en el delta del Nilo y en zonas pantanos del Magref. De otro, la vía de Oriente que se inicio en el delta de Mecon y en los archipiélagos orientales desarrollándose primero en China y después en Japón. La primera descripción científica de este cereal se debe a Lineo que lo clasifica en el reino vegetal de las plantas con el nombre de *Oriza Sativa*. Todos los tipos de cereales que se consumen en la actualidad son subespecies de esta planta (Christou 1994, 6). Existen alrededor de 10.000 variedades. Siguiendo una clasificación de tipo histórico podemos agrupar tres tipos de cultivo arroz:

a) *Arroz tradicional*: refiere a las variedades autóctonas que han sido cultivadas por agricultores locales sin productos bioquímicos y con herramientas tradicionales. Hoy no pueden competir en el mercado capitalista y para poder poder hacerlo están creando un elevado numero de cultivos selectivos, de los cuales destacamos tres:

- La denominación de origen que resalta por la calidad tanto territorial como gustativa.
- El cultivo ecológico que resalta por la naturalidad del modo de producción
- El cultivo artesanal que resalta por el cuidado y la calidad en la elaboración de diferentes tipos de arroces: integral, refinado, etc.

b) *Arroz de la revolución verde*. Un término que refiere a la amplia transformación que se llevó a cabo en los sectores de agricultura en los países desarrollados para reducir problemas como la escasez de alimentos y la desnutrición. Tiene su origen en las ideas de Borlaug que posibilitaron el cultivo de variedades de arroz de mayor rendimiento con el uso de productos químicos y la introducción de máquinas e instrumentos más refinados y potentes. Es lo que podemos denominar arroz industrial (Ma, Ma, Wu, Lei y Gou 2015), siendo este el más producido y consumido por la población. “La planta de arroz cultivada, *Oryza sativa*, es un cereal anual con hojas largas que llevan una inflorescencia (panícula) compuesta de espiguillas con flores que producen la semilla o el grano. A pesar del papel extremadamente importante que desempeña el arroz en el

suministro de alimentos de la humanidad, tradicionalmente se ha comercializado escasamente con un mercado de menos del 5% de los aproximadamente 345 millones de toneladas de arroz elaborado en todo el mundo. Durante la Revolución Verde, se produjeron nuevas cepas de variedades de arroz semi-enanas y enanas, conocidas como arroz milagroso” (Christou 1994, 12). El objetivo de esta revolución era garantizar la seguridad alimentaria entendida como el derecho que tienen todos los habitantes del Planeta Tierra a una alimentación suficiente y salubre.

c) *Arroz de la revolución biotecnológica*. En la variedad anterior se habría tenido en cuenta el rendimiento por hectárea, pero no se habrían preocupado de la calidad nutricional y el aporte de vitaminas. Así las cosas, encontramos la paradoja de que personas sobrealimentadas de arroz sufren enfermedades o incluso malnutrición. Para superarlas se creó variedades genéticas como el arroz dorado.

### **El arroz dorado**

El mundo se está enfrentando a serios retos de seguridad alimentaria a nivel global como son la necesidad de alimentos para una población en continuo crecimiento de carácter exponencial, así como a trastornos relacionados con deficiencias alimentarias (Bongoni y Basu, 2016, 727). La conocida como hambre escondida o deficiencia en micronutrientes retrasa el crecimiento de tanto cultivos como humanos. Dicha deficiencia de micronutrientes en el suelo limita la productividad en los cultivos y la calidad nutricional de los alimentos algo que de manera conjunta afecta a la nutrición y la salud humana (Sanchez y Swaminathan, 2005). Está constatado que muchos millones de personas a nivel mundial sufren deficiencias de hierro, zinc y/u otras múltiples deficiencias de micronutrientes (De Valença, Bake, Brouwer y Giller, 2017; WHO, 2016). Las estadísticas informan que que alrededor de 125 millones de niños sin alcanzar ni los 5 años de edad podrían estar padeciendo deficiencia en vitamina A (DVA). Un tipo de deficiencia que podría ser el agente causal de ceguera infantil que padecen alrededor de 250,000 - 500,000 niños cada año (Wesseler y Zilberman, 2014).

Investigaciones recientes demuestran que esta hambre escondida puede ser aliviada con intervenciones directas o indirectas. Mientras que las intervenciones directas se centran en un cambio de las conductas alimentarias como una dieta variada, suplementos de micronutrientes, modificación de la elección de alimentos etc. Las intervenciones indirectas van dirigidas a malnutriciones de tipo subyacentes y pretender atajar este problema con

soluciones como la biofortificación. Se trata de un proceso que tiene la capacidad de incrementar el contenido y/o la bio-disponibilidad de nutrientes esenciales en cultivos durante su crecimiento a través de medios genéticos o agronómicos. En el caso de la biofortificación genética los cultivos objetos son de tipo básico y almidonado: arroz, trigo, maíz... Cultivos que predominan en las dietas de todo el mundo, especialmente entre los grupos vulnerables a las deficiencias en micronutrientes, proporcionando así un modo factible de llegar a la población malnutrida y con un claro acceso limitado a las dietas variadas De Valença et al. (2017). El uso de la biotecnología en agricultura ofrece en sí mismo una prometedora solución dirigida hacia este problema y el arroz dorado es un ejemplo de ello ya que contiene una elevada cantidad de  $\beta$ -caroteno, componente antioxidante y precursor de vitamina A (Bongoni y Basu, 2016).

El proyecto del arroz dorado fue iniciado en 1982 por Ingo Potrykus, profesor emérito del Instituto de Ciencias de las Plantas y proseguido por Peter Beyer, profesor del Centro de Biociencias aplicadas, Universidad de Friburgo, Alemania. Fue financiado por la Fundación Rockefeller, el Instituto Federal Suizo de Tecnología y Syngenta, una empresa de protección de cultivos. En esta variedad, se han insertado dos genes en el genoma del arroz mediante Ingeniería Genética, algo que no sería posible por cruzamiento tradicional, para restaurar la ruta biosintética de los carotenos con el objetivo de producir y acumular  $\beta$ -caroteno en los granos pues el arroz produce  $\beta$ -carotenos en las hojas, pero no en el grano ya que la ruta biosintética se apaga a lo largo del desarrollo de la planta. La intensidad del color dorado es un indicador de la concentración del  $\beta$ -caroteno en el endosperma que el cuerpo transforma en vitamina A. Desde que el prototipo del arroz dorado se desarrolló en 1999, se han generado nuevas líneas con mayor contenido en  $\beta$ -caroteno (Wesseler y Zilberman, 2014). Se obtiene a partir de una modificación del arroz normal que incorpora los genes *psy* (*phytoene synthase*) de Narciso (*Narcissus pseudonarcissus*) y *crtI* (*carotene desaturase*) de la bacteria del suelo (*Erwinia uredovora*) (Yanez 2020, 15; Bongoni y Basu, 2016, 727). Se piensa que esta variedad serviría para paliar endemismos en poblaciones juveniles como la ceguera, al mismo tiempo que disminuiría la malnutrición infantil y la desnutrición (Ros Berruezo, 2012) ya que tiene el potencial de atajar el problema de deficiencia en micronutrientes en edades tempranas.

## La polémica sobre el arroz dorado

La revolución de la genómica y la biotecnología moderna ha generado y seguirá generando muchos dilemas éticos y sociales y, por tanto, muchas polémicas (González et al. 2020). A pesar de que la aceptación entre los productores es notable, los consumidores, sobre todo en Europa, se han mostrado tradicionalmente reacios este tipo de productos (Eurobarometer, 2000; Nooeme y Gil, 2006; Ings 2019). Conviene señalar que en torno a los alimentos transgénicos hay dos factores externos que están formando una opinión pública negativa. Por un lado, entra en juego el miedo de los políticos ante esta tecnología que ya es una realidad dominante fuera de la Unión Europea, y por otro lado la percepción de que se pueda producir un monopolio dado que hay pocas empresas que se pueden permitir financiar los altos costes que la investigación biotecnológica implica. Las discusiones acerca de la innovación en agricultura han ido en aumento en los últimos 50 años, especialmente desde la introducción de los cultivos modificados genéticamente. En el presente la disputa se concentra en el uso de la técnica de Edición del genoma (Crisp cas9). Distintos argumentos se han esgrimido con el objetivo de apoyar las opiniones sobre el modo en el cual la agricultura debería desarrollarse en un el futuro. El resultado ha llevado a un profundo debate que ha dividido a la opinión pública en grupos pro y anti-biotecnología. Es a finales de los noventa cuando esta situación comienza a polarizarse. La expansión de los cultivos de Organismos Genéticamente Modificados (OMGs) comienza a tropezar en Europa occidental con barreras legales y una feroz oposición a estos cultivos emerge desde todas las partes del mundo (Stone, 2010). A pesar de esta oposición, los OMGs comienzan a convertirse en parte de nuestra vida cotidiana, entrando en la sociedad a través de la agricultura, medicina, investigación y la gestión medioambiental. La mayoría de los alimentos que consumimos contienen ingredientes que han sido de alguna forma modificados genéticamente. La diferencia se halla en que lo que antes se hacía poco a poco, por selección de casos más productivos, con las técnicas de Ingeniería Genética ahora se hace de una manera más rápida y eficiente. En efecto, las tecnologías que permiten realizar modificaciones genéticas en alimentos brindan oportunidades de conocimiento para los grandes retos del siglo XXI, pero a su vez plantean riesgos tanto conocidos como desconocidos. Un claro ejemplo es el arroz dorado. Se conoce que esta variedad potencia el contenido en Vitamina A desde finales de los noventa y las expectativas eran que para 2002 la primera comercialización de variedad de arroz estuviese disponible (Bongoni y Basu, 2016). La realidad es que todavía el arroz dorado no ha sido aprobado para su cultivo ni en



India ni Bangladesh, dos de los países clave del proyecto humanitario de este producto genético, ni en otros países donde las variedades están bajo desarrollo (Potrykus, 2010 a, b).

Existe un enfrentamiento claro entre defensores y opositores a los alimentos producidos por medio de las técnicas de Ingeniería Genética (González et al. 2020). Pese al increíble potencial, muchas personas recelan de la biotecnología y de los alimentos transgénicos, y todo ello a pesar de estar sometidos a estrictos controles: contenido nutricional, alergenicidad, potencial toxicidad e impacto ambiental. El hecho de que sean producidos de manera artificial por medio de técnicas de bioingeniería ha hecho que se conviertan en tema polémico. Los miembros de nuestra sociedad empiezan a concienciarse del tema y a darse cuenta de que junto a las grandes ventajas también pueden tener riesgos que pueden poner en peligro la salud humana. Es cierto que nadie ha podido demostrar científicamente estos riesgos, pero persiste la sospecha y aumenta la preocupación en los consumidores sobre la seguridad alimentaria de estos productos. Las autoridades públicas han sido sensibles a estas preocupaciones de los ciudadanos y están controlando a través de leyes la producción, así como la importación de este tipo de alimentos. Según el Protocolo de Cartagena existe la obligación de etiquetar aquellos alimentos que contengan más del 0,9% de OMGs pero no está implantada en todos los países del mundo. Desde su misma aparición fueron puestos en tela de juicio. Nunca fueron aceptados plenamente como un progreso científico que contribuyera al desarrollo de la humanidad. Su historia está repleta de opiniones encontradas. Y lo que es más grave: la disputa continúa y no parece tener fin (Altieri, 2009; Álvarez Munárriz 2001; Corral, 2016; Cubero, 2003; Grauerholz y Owens, 2015; Ishii y Araki 2016; Millán Fuertes, 2008; Riechman, 1999; Thompson, 1997; Verdurme y Viaene 2002; Zeratsky, 2015). El intento de aprobar y poder cultivar en diferentes países un cultivo genéticamente modificado como el arroz dorado ha suscitado una gran polémica. De ahí la conveniencia de ver los argumentos que tanto defensores como opositores esgrimen.

### *Opositores*

Las tecnologías que permiten realizar modificaciones genéticas en alimentos brindan oportunidades de conocimiento para abordar algunos de los grandes retos del siglo XXI, pero a su vez plantean riesgos tanto conocidos como desconocidos. Las controversias y preocupaciones que rodean a los alimentos y cultivos genéticamente modificados (GM) se centran en la seguridad humana y medioambiental, el etiquetado y las preferencias del consumidor, derechos de la propiedad intelectual, la ética, la seguridad alimentaria, una

reducción de la pobreza a nivel mundial y la conservación del medio ambiente (Bawa y Anilakumar, 2013; The Nordic Africa Institute, 2015; Fernbach 2019). Lo que para algunos podría ser la clave para salvar a la población mediante una agricultura más sostenible para otros es una indudable amenaza. Las alegaciones de los «pro» biotecnología se basan en aliviar la pobreza del tercer mundo mediante el uso de variedades genéticas como el arroz dorado, la mandioca resistente a virus o las bananas resistentes a hongos (Moffat,1999); los «anti» biotecnología se oponen al uso de dichos avances y avisan de los posibles riesgos que éstos podrían generar en relación a la soberanía de los agricultores y medio ambiente (Stone, 2010).

Estos grupos de opositores y detractores alegan la existencia de posibles peligros tanto a medio como largo plazo para la salud, medio ambiente y el desarrollo local (Lepage, 2013). Los críticos argumentan que la transferencia de nuevos genes en los alimentos puede alterar la composición química desencadenando alergias o toxicidades de estos alimentos en humanos. Estas afirmaciones en algunos casos van más allá y advierten que los cultivos transgénicos poseen genes de resistencia a antibióticos. Genes que podrían ser adoptados por bacterias causantes de enfermedades en humanos lo cual generaría futuras resistencias a la hora de intentar combatirlos con dichos antibióticos. Los opositores hicieron a mediados de 2019 una manifestación contra el arroz dorado frente a la oficina de Industria vegetal de Manila, capital de Filipinas (Dubok, Beber & Potrykus 2019, 20).

Son precisamente estos últimos datos en los que se apoyan los detractores para oponerse a su producción, encontrando así importantes sectores contrarios a los transgénicos. Las asociaciones ecologistas denuncian una falta de conocimiento y de comprensión de los riesgos ambientales ya que no habrían sido testados adecuadamente y habría un gran desconocimiento sobre los efectos a largo plazo. Para Greenpeace, los transgénicos podrían suponer un grave riesgo para la biodiversidad y tener efectos irreversibles e imprevisibles sobre los ecosistemas: incremento del uso de tóxicos, contaminación genética del suelo, pérdida de biodiversidad, desarrollo de resistencias en insectos y vegetación adventicia (malas hierbas), efectos no deseados en otros organismos... Del mismo modo argumentan posibles riesgos para la salud: nuevas alergias, disminución en la capacidad de fertilidad en mamíferos alimentados con OMGs, contaminación de alimentos, problemas en órganos internos etc. Recientemente los miembros de la Organización Grain han puesto de manifiesto su rotundo rechazo a la aprobación y producción del arroz dorado: “El Arroz Dorado es un remiendo tecnológico ante la desnutrición. Es una maniobra para controlar nuestra agricultura. En Asia no lo necesitan, y tampoco en el mundo. La solución

para el hambre y la desnutrición son los enfoques integrales que aseguren que las personas accedan a las diversas fuentes de nutrición. Asegurar el control que tienen campesinas y campesinos, pequeños agricultores, sobre recursos como las semillas, las tecnologías apropiadas, el agua y la tierra constituyen la verdadera clave para mejorar la producción de alimentos y erradicar el hambre y la desnutrición” (Grain 2019).

En términos generales se podría decir que los opositores a los OMGs han generado quejas llenas de cuestionables certezas como que el maíz GM es tóxico, que el algodón *Bt* ha causado miles de suicidios entre agricultores, que el incremento en el uso de glifosato ha contaminado “nuestra comida”, medio ambiente y agua (Stone, 2015). Para los críticos la producción y el consumo de alimentos es inmoral porque su inocuidad no está fundada científicamente, contiene efectos colaterales todavía desconocidos, pueden ser potencialmente peligrosos y ser un riesgo que en manera alguna debemos asumir. Detractores de la tecnología transgénica en la agricultura rechazan el principio de equivalencia sustancial por el cual cualquier nuevo alimento debe ser considerado igual de seguro que un alimento convencional si se demuestra que posee mismas características y composición que este e invocan el principio de precaución, enfatizando que hasta tanto no se establezca que la probabilidad de ocasionar un impacto indeseado en el ambiente, la salud o las economías campesinas sea cero, esta tecnología debe ser proscrita de la faz de la tierra. Rechazan el principio de equivalencia sustancial porque está diseñado de manera vaga e imprecisa, posibilitando a las compañías una licencia completa para proclamar los transgénicos sustancialmente equivalentes a los no transgénicos (Ho y Ching, 2003; Riechman, 2002).

En este sentido, a pesar de las informaciones favorables a la producción del arroz dorado son muchas las personas, comunidades locales y movimientos sociales que rechazan su cultivo por temor al monopolio que puedan imponer las empresas agroalimentarias. Así la activista hindú Vandana Shiva (Directora de la Research Foundation for Science, Technology and Ecology, New Delhi, India) concibe e identifica esta variedad de arroz dorado con el “caballo de Troya” introducido en el sistema alimentario global para ganar la guerra de los transgénicos en el planeta. Afirma que los principales beneficiarios de su implantación serán las multinacionales y en manera alguna los granjeros pobres. Los derechos de monopolio sobre las semillas y la ganadería sólo son necesarios para que algunas multinacionales puedan establecer sus monopolios sobre la producción y el comercio agrícola. Sostiene que su aprobación sería la victoria definitiva de los alimentos

transgénicos. Así, oponentes a la biotecnología argumentan que el requerimiento suficiente diario de vitamina A en niños de dos años necesitaría una ingesta de unos 3Kg al día de arroz. Alegan que existen alternativas y estrategias más baratas para dirigirse a la DVA. Además, el arroz dorado no puede resolver la razón principal de deficiencia en vitamina A: pobreza y una dieta desequilibrada (Yang, Xu y Rodríguez, 2014). El objetivo final del proyecto es únicamente una estrategia para abrir la puerta a otros cultivos GM (Greenpeace, 2005).

Algunos de los artículos publicados en contra del arroz dorado citan evidencias científicas que mostrarían que ratas de laboratorio alimentadas con alimentos GM estarían afectadas por edema pulmonar e infertilidad, aunque dichos efectos no hayan sido encontrados en ratones alimentados con arroz dorado. Estos artículos abogan por el principio de precaución: “como los daños del arroz dorado podrían no estar totalmente testados, es mas seguro dirigir la deficiencia en vitamina A animando a una dieta equilibrada que consumiendo elementos genéticamente fortificados con el micronutriente” (Yang, Xu y Rodríguez, 2014). Asimismo, existen publicadas analogías que llegan a equiparar los experimentos de consumición de arroz dorado en china con los infames e inhumanos experimentos llevados a cabo por el doctor Nazi Josef Mengele usando los presos de los campos de concentración en la segunda guerra mundial (Yang, Xu y Rodríguez, 2014).

### *Defensores*

Aquellos que apuestan por los OMGs sostienen que la modificación genética de plantas y animales es la última de una larga lista de tecnologías para potenciar la producción que ha contribuido al incremento del abastecimiento de alimentos a nivel mundial. Esto hace que la mayoría de los científicos defiendan un uso controlado y regulado de los OMGs, basándose en razones nutricionales, medioambientales, económicas y sociales. Podemos encontrar publicaciones que afirman que todos los estudios científicos realizados han demostrado que los OMGs son seguros (Alcalde Cazorla, 2009). Del mismo modo expertos en biotecnología, reforzados por expertos en Ciencias Sociales (Collier, 2008; Herring, 2008; Paarlberg, 2000), han asegurado que los cultivos GM podrían contribuir a erradicar el hambre y proporcionar una suficiente alimentación en el tercer mundo (Stone, 2010). Para estos la pobreza de ciertos países de África estaría en parte debida a la falta de implementación de “Ciencia moderna” como los cultivos GM (Paarlberg, 2008). Desde el lanzamiento de estas tecnologías, varios han sido los discursos que contenían la expresión “modificación genética” junto a la palabra progreso, intentando mostrar una visión de esta

como un paso más que se habría dado después de la consecución de cultivos domesticados mediante las convencionales técnicas de hibridación en cultivos. Este discurso a menudo solía venir acompañado del fantasma Malthusiano<sup>1</sup> de la hambruna (Stone, 2002, Stone, 2005; Stone y Glover 2017), donde el hambre sería una condición que viene dada por naturaleza (Ross, 1998) y los cultivos GM la clave para una futura solución. En julio de 2016 107 Premio Nobel hacían público en diferentes medios de comunicación (Achenbach, 2016) su apoyo al uso de las modificaciones genéticas con fines alimentarios. Argumentaban que no pocos eran los países subdesarrollados o en vías de desarrollo los que podrían beneficiarse de los avances que occidente había logrado en las últimas décadas. En concreto hacían referencia al arroz dorado. Ha sido E. Regis quien en un libro del 2019 en una simple frase ha condensado y proporcionado una excelente descripción y defensa del arroz dorado:

“Golden rice is also a product of genetic engineering and a substance that enters the human body, wher it can preserve and enhance health and sawe sight and lives”

El arroz dorado habría estado disponible para su utilización desde hace más de una década. Las expectativas de agricultores de arroz y expertos en Ingeniería Genética tienen su punto de partida en 2002 (Enserink, 2008) y es que el arroz dorado habría estado disponible desde esta fecha. A pesar de ello, el sistema de regulación retrasó la introducción de la tecnología, retrasos que han sido explicados detalladamente en artículos como el de (Stone, 2015). El resultado es que esta variedad de arroz todavía no ha sido comercializada (Stone, 2015). La compañía Syngenta mantiene los derechos de la patente solo para países desarrollados. Los defensores de esta variedad sostienen que no solamente hay que solucionar la desnutrición y el hambre en el mundo sino también hay que solucionar la malnutrición. Argumentan que los alimentos transgénicos no son perjudiciales para la salud y el medio ambiente. En el caso del arroz dorado no está controlado por las grandes multinacionales pues es libre. La licencia para el resto del mundo está en manos del Instituto Internacional de Investigación del Arroz en Filipinas (IRRI), pero el proyecto aún carece de todos los test preceptivos y de las licencias necesarias (Pérez Colomé, 2017). El rechazo de la aprobación de este alimento está suponiendo elevados costes económicos. Por estas razones el IRRI ha pedido los permisos para su liberación.

Hay quien alega que el AD no es necesario ya que existen soluciones alternativas al

---

<sup>1</sup> Teoría poblacional de Thomas Malthus: la población crece más que los recursos y puede producirse una catástrofe malthusiana o sobrepoblación.

problema. Si bien es cierto, existen otras opciones que aportan vitamina A como la carne o algunas frutas y verduras por su riqueza en  $\beta$ -caroteno que puede aportar vitamina A. El problema es que en áreas pobres las personas no pueden permitirse ni la carne, ni las frutas ni las verduras (Yang, Xu y Rodríguez, 2014). Para Wesseler y Zilberman (2016) si existiesen alternativas disponibles a nivel mundial para paliar la DVA, el arroz dorado sería innecesario. Aunque la DVA pueda ser reducida a partir de métodos alternativos, estas supuestas alternativas serían caras, y el arroz dorado puede ser una parte importante de la solución a nivel efectividad-coste. Esta variedad transgénica es una “aplicación médica” para los millones que lo padecen en países como India. La principal conclusión que se puede extraer de todo esto es que las regulaciones que han impedido la puesta en marcha del arroz dorado habrían costado millones de años de vidas saludables, así como billones de dólares, algo que habría quedado recientemente constatado con el manifiesto de apoyo de más de 100 Premio Nobel (Achenbach, 2016).

Los artículos existentes a favor del arroz dorado citan fuentes científicas y oficiales que aportan evidencias de que es seguro para comer y de que no existen evidencias de que pueda ser perjudicial para la salud humana. Además buscan dar respuesta a las publicaciones que acusan a compañías científicas y biotecnológicas de estar experimentando con habitantes de países en vías de desarrollo en lugar de estar preocupándose de ellos (Yang, Xu y Rodríguez, 2014). Afirman que mantener historias inciertas sobre suicidios de agricultores y ovejas muertas asociadas al cultivo del algodón GM, daños ambientales de la berenjena Bt, y daños de salud asociados a los antibióticos marcadores de genes son suficientes como para poder llegar a generar incertidumbres entre aquellos responsables en la toma de decisiones (Wesseler y Zilberman, 2014). Además sostienen que no hace falta más que hacer un repaso bibliográfico para ver como existe un gran vacío en la información que muestra el potencial del arroz dorado hacia consumidores y la comunidad agrícola. Esto se explica porque la bibliografía se centra en explicar la preocupación hacia los riesgos asociados con la “incertidumbre” de los cultivos (una preocupación que refiere a la dependencia de los agricultores hacia las organizaciones internacionales privadas) y el consumo de alimentos GM (una preocupación que refiere la seguridad ambiental y a los consumidores expuestos a “riesgos impredecibles”) (Bongoni y Basu, 2016). Apenas hay disponibilidad de artículos que comparen los beneficios relativos de diferentes intervenciones nutricionales, y los estudios económicos disponibles no consideran la biofortificación. Entre otras intervenciones, la biofortificación genética es más efectiva en costes a largo plazo que la fortificación alimentaria, la suplementación o la

diversificación de la dieta, ya que únicamente requiere un periodo de inversión en cultivo. Aunque la actual fortificación alimentaria y la suplementación son las estrategias más comúnmente usadas para aliviar las deficiencias de micronutrientes en humanos, la biofortificación (agronómica o genética) podría tener mayor potencial a largo plazo ya que parece más efectiva en coste y producción De Valença et al. (2017). Y es que abordar este asunto podría incrementar sustancialmente la aceptación del arroz dorado. Existen artículos como el de (Bongoni y Basu, 2016) que no sólo proponen que expertos del campo de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos por un lado y de las Ciencias Sociales por otro logren un entendimiento para analizar dicha variedad genética, sino que van más allá indicando que la ayuda de otras disciplinas podrían ayudar a mejorar su aceptación.

### **Discusión**

La Ingeniería Genética es a día de hoy una de las áreas más prometedoras dada la gran cantidad de oportunidades que puede ofrecer al ser humano. Sin embargo, una sentencia del Tribunal de Justicia de la UE de julio de 2018 ha dictaminado que los organismos producidos por mutación genética, incluida la edición de genes CRISPR, deben ser considerados Organismos Modificados Genéticamente (OMG). Persiste la disputa y una de sus aplicaciones más controvertidas de los alimentos transgénicos tiene como uno de sus principales productos: el arroz dorado. A pesar de que no existe evidencia empírica de que los OMGs sean perjudiciales para la salud o el medio ambiente, tampoco existe evidencia empírica de que el arroz dorado cumpla los objetivos que se pretenden alcanzar. Ante la falta de evidencia estamos en una situación de incertidumbre que genera todo tipo de polémicas.

Resulta indudable que habrá un crecimiento poblacional en un futuro próximo y que alimentarla es un deber y una deuda que occidente tiene con aquellos países que se encuentran en desventaja económica. Si bien es cierto, es un problema profundo que tiene difícil solución y lo que está claro es que el debate ha quedado abierto y que quizás sea momento, tal y como más de cien Premio Nobel han manifestado, de pensar en soluciones alternativas que podrían pasar por incluir variedades transgénicas de alimentos como el arroz dorado. Puede sin embargo que esta no resulte ser la mejor solución, nadie sabe la respuesta, pero lo que sí es cierto es que debemos actuar y cuanto antes lo hagamos mejor. Pero, ¿cómo salir de esta situación de incertidumbre? Desde el descubrimiento del ADN se han producido avances espectaculares en el conocimiento de la naturaleza del genoma de los seres vivos, pero cada avance pone de manifiesto lo mucho que aun nos falta por saber

de este, así como del papel que todas las modificaciones a nivel génico se producen y que la llamada epigenética ha puesto de manifiesto en los últimos tiempos. Este desconocimiento nos obliga a acogernos al principio de precaución no para prohibir los alimentos transgénicos pero sí para paralizar una producción descontrolada. Lo que sí podemos afirmar con rotundidad es que dependiendo de las decisiones relacionadas con futuras leyes, la implementación de las técnicas de bioingeniería pueden ayudar a resolver los problemas de seguridad alimentaria en sus dos acepciones (riesgos para la salud-medio ambiente y riesgos de disponibilidad) o ser por el contrario el caballo de Troya de las multinacionales que algunos no paran de clamar. De ocurrir esto último, unas pocas compañías podrían enriquecerse aun más y lo que es más grave, poner en serio riesgo la soberanía alimentaria de las naciones llevando a estas a una mayor pobreza.

Los cultivos modificados por ingeniería no son el primer problema científico en generar controversia, pero sí podrían ser únicos en polarizar a tan elevado grado los argumentos que generan. La lista incluye patentes, etiquetado de alimentos, impactos en ecosistemas, problemas de salud humana, impacto en agricultores de países desarrollados, necesidades de comida a nivel mundial, causas de hambrunas y suicidios, control por parte de las empresas de semillas y alimentos, neoliberalismos y comercio internacional, relaciones entre las empresas y el mundo de la academia en relación al control de las agendas de investigación, políticas de regulación agroalimentarias, políticas de debate científico, y varios problemas éticos espinosos (Stone, 2015). Una ojeada a estas luchas durante los últimos 15 años recuerda al concepto de Gregory Bateson de “chismogénesis”, que su hija Catherine tradujo en términos cibernéticos como retroalimentación positiva. Refiere a un proceso de divergencia de auto-amplificación: “yo tomo una posición extrema en reacción a tu posición extrema, lo cual te hace a ti tomar una posición aun más extrema”. Los promotores de los OMGs acusan a los escépticos de crímenes contra la humanidad, en parte porque los escépticos hacen el mismo alegato. El problema es que lo que ningún reconoce es que la chismogénesis puede crear efectos perniciosos en el proceso de creación, legitimación y acto de conocimiento.

En el caso particular de arroz dorado y dada la elevada prevalencia de trastorno en DVA y la potencial solución para dirigirse a este problema a nivel global, varios autores proponen que expertos pertenecientes a las Ciencias de la Nutrición y la Alimentación, agrónomos y agricultores, biotecnólogos y del campo de las Ciencias Sociales, así como legisladores trabajen juntos para evaluar el potencial de nuevas variedades genéticas como el arroz dorado y en consecuencia proliferen su implementación, cultivo y consumo al menos en



países en vías de desarrollo. De ahí la necesidad que tiene que futuras investigaciones, relacionadas con las técnicas de transferencia génica, deban seguir ciertos principios como: transparencia, seguridad alimentaria, aportando una información clara y precisa a la ciudadanía que preserve los derechos del consumidor y dejando el control de la diseminación de los OMGs en manos de las políticas estatales y la posición de la sociedad civil (Kuznetsov, 2015). Aprobado el arroz dorado en diferentes países serán las comunidades locales las que tendrán la última palabra sobre el cultivo y el consumo de esta variedad. Por tanto, no serán los políticos, los científicos ni los movimientos sociales los que decidan el futuro de este tipo de arroz que tantas polémicas han generado y sigue generando.

**BIBLIOGRAFÍA**

Abalajen, S. et al. (2019). “Attitudes and Influences relevant to Golden Rice’s potential use in the Philippines” <http://www.goldenrice.org/>.

Achenbach, J. (2016). “107 “Nobel laureates sign letter blasting Greenpeace over GMOs” Washington Post, 30 June, en <https://www.washingtonpost.com/news/science/wp/2016/06/29/more-than-100-nobel-laureates>

Alcalde Cazorla, E. (2009). “El análisis de riesgos de los organismos modificados genéticamente”. En Alemany, M. y Bernabeu-Mestre, J. (eds.) *Bioética y Nutrición* Agua Clara, SL, Universidad de Alicante.

Altieri, M.A. (2003). “Dimensiones éticas de la crítica agroecológica a la biotecnología agrícola” *Acta Bioética*, vol. 9, nº 1.

Altieri, M. (2009). *Alimentos transgénicos: un riesgo serio para la salud ¡Ahora disponible en su supermercado!*, Buenos Aires, El Cid Editor.

Álvarez de Luis, A. (2017). *Alimentos transgénicos: factores culturales que explican su aceptación o rechazo*. Tesis doctoral no publicada, área de Antropología Social, Universidad de Murcia.

Álvarez de Luis, A. (2019). “Conocimiento, interés y grado de acuerdo en el uso de la biotecnología en la producción de alimentos. Estudio comparado” en Álvarez Munárriz, L.; Antón, F. y Esteban, C. (eds.) *Alimentación humana: enfoque biocultural*, Barcelona, Anthropos.

Álvarez Munárriz, L. (2001). “Actitudes de los miembros de una comunidad sobre los alimentos transgénico” en Álvarez Munárriz, L.; Antón, F. (eds.) *Antropología del Mediterráneo*, Godoy, Murcia.

Altman, A. y Hasegawa, P. (2012). “Introduction to basic procedures in plant biotechnology”. En Altman, A. & Hasegawa, P. M. (eds.), *Plant Biotechnology and Agriculture: Prospects for the 21st Century*, London, Elsevier/Academic Press.

Bawa, A. S. y Anilakumar, K. R. (2013). “Genetically modified foods: safety, risks and public concerns - a review”. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 50.

Bongoni, R. y Basu, S. (2016). “A multidisciplinary research agenda for the acceptance of Golden Rice”. *Nutrition & Food Science*, vol. 46, nº5.

- Christou, P. (1994): *Rice biotechnology and genetic engineering*, London, Technomic.
- De Valença, A.W.; Bake, A.; Brouwer, I.D.; Giller, K.E. (2017). “Agronomic biofortification of crops to fight hidden hunger in sub-Saharan Africa”. *Global Food Security*, vol. 12, pp. 8-14.
- Dubock, A., Potrykus & Beyer, P. (2019). “The filipinos are first“*Attitudes and Influences relevant to Golden Rice’s potential use in the Philippines*” <http://www.goldenrice.org/>
- Dubock, A., Potrykus & Beyer, P. (2019) “We pioneered a technology to save millions of poor children, but a worldwide smear campaign has blocket it” <https://leapsmag.com>.
- Collier, P. (2008). “The politics of hunger: how illusion and greed fan the food crisis”. *Foreign Affairs*, vol. 87, nº 6.
- Corral, J. (2016). “La ‘guerra’ de los transgénicos”. *El Mundo*, Miércoles 1 de junio de 2016. En <http://www.elmundo.es/ciencia/2016/06/01/574df0b546163f9d2c8b4621.html>. Accedido el 14 de julio de 2018.
- Cubero, J. I. (2003). “La polémica sobre los alimentos transgénicos”. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*, vol. 23, nº 1.
- Enserink, M. (2008). “Tough lessons from Golden Rice”. *Science*, vol. 320, pp. 468-471.
- Eurobarometer 52.1 (2000). “The Europeans and Biotechnology, Europeans Commission, Bruxelles” <https://ec.europa.eu/research/pdf/eurobarometer-en.pdf>. accedido el 14 de julio de 2019.
- Fernbach, Ph. M. et al. (2019): “Extreme opponents of genetically modified foods know the least but think they know the most” *Nature Human Behaviour* 3/3.
- González, F. G. et al. (2020): “An Interdisciplinary Approach to Study the Performance of Second-generation Genetically Modified Crops in Field Trials: A Case Study With Soybean and Wheat Carrying the Sunflower HaHB4 Transcription Factor” *Front Plant Science*.
- Grain (2019): “¡Que no nos engañen otra vez! Veinte años a de mentiras sobre el Arroz Dorado” [www.grain.org/es](http://www.grain.org/es).
- Greenpeace (2005). *Golden Rice: all Glitter, NO Gold*, Amsterdam: Greenpeace International.

- Griffin, K. (1979). *The political economy of Agrarian change: An essay on the Green revolution*, London, Macmillan Press.
- Herring, R. J. (2008). "Opposition to transgenic technologies: ideology, interests and collective action frames" *Nat. Biotechnol.*, vol. 9.
- Ho, M-V & Ching, L. L. (2003). *The case for a GM-free sustainable world*, London, Institute of Science in Society & Third World Network.
- Ings, S. (2019): "Why genetically modified 'golden rice' failed to conquer the world" *New Scientist* August.
- Ishii, T. & Araki, M. (2016). "Consumer acceptance of food crops developed by genome editing". *Plant Cell Reports*, April.
- Kuznetsov, I. A. (2015). "The Technology and Risks of Genetic Engineering in Crop Production" *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 85(2).
- Lepage, C. (2013). *La verdad sobre los transgénicos. ¡Nuestra salud está en juego!*, Barcelona, Icaria.
- Le Page, M. (2019). "El arroz dorado transgénico obtiene una aprobación de seguridad histórica en Filipinas" *Salud* 31.
- Ma, J.; Ma, R.; Wu, W.; Lei, X.; Gou, W.; (2015). "Advances in Industrialized Rice Production Research. *Agricultural Sciences*, vol. 6.
- Millán Fuertes, A. (2008). "Seguridad e inseguridad alimentarias: algunas observaciones sobre los OMG". *Distribución y Consumo*, vol. 68.
- Mintz S. y Schlettwein-Gsell D (2001). "Food patterns in agrarian societies: the "core-fringe-legume hypothesis" a dialogue". *Gastronomica*, vol. 1
- Moffat, A. S. (1999). "Crop engineering goes south" *Science*, vol. 285.
- Noomene, R. & Gil, J. M. (2006). "Grado de conocimiento y actitud de los consumidores españoles hacia los alimentos modificados genéticamente. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, vol. 210.
- Paarlberg R. (2008). *Starved for Science: How Biotechnology Is Being Kept out of Africa*. Cambridge, Harvard Univ. Press.

- Paarlberg, R. (2000). Genetically modified crops in developing countries: promise or peril?. *Environment*, vol. 42.
- Passin, H. y Bennett, J.W. (1943). Social process and dietary change. *National Research Council Bulletin*, vol. 108.
- Pérez Colome, J. (2017). ¿Pueden los transgénicos salvar el planeta?. *Agriculturas. Red de Especialistas en Agricultura*. En [https://elpais.com/elpais/2016/11/13/eps/1478991954\\_147899.html](https://elpais.com/elpais/2016/11/13/eps/1478991954_147899.html) Accedido el 14 de julio de 2018
- Potrykus, I. (2010a). Regulation must be revolutionized. *Nature*, vol. 466, p. 561.
- Potrykus, I. (2010b). Lessons from the “Humanitarian Golden Rice” project: regulation prevents development of public good genetically engineered crop products. *New Biotechnology*, vol. 27, pp. 466-472.
- Regis, E. (2019). *Golden rice: the imperiled birth of a GMO superfood*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Regis, E. (2019). *Golden rice: the imperiled birth of a GMO superfood*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Riechman, J. (1999). *Argumentos recombinantes*, Madrid, La Catarata.
- Riechman, J. (2002). *Qué son los alimentos transgénicos: ¿Cómo van a influir en la economía mundial?, ¿Cuáles son los riesgos para la salud humana?, ¿Para qué se producen?*, Barcelona, RBA.
- Ross, E. B. (1998). “The Malthus Factor: Population, Poverty, and Politics in Capitalist Development” en Santaniello, V. et al. (eds.), *Agriculture and Intellectual Property Rights: Economic, Institutional and Implementation Issues in Biotechnology*. Wallingford, UK, CABI.
- Ros Berruezo, G. (2012). “Biofortificación de alimentos como desarrollo de nuevas estrategias para la resolución de problemas en materia de desnutrición” *Iª Jornada sobre nutrición, cooperación internacional y desarrollo sostenible*. Facultad de Ciencias Sociosanitarias (Campus de Lorca), 14 de marzo de 2012.
- Sanchez, P.A.; Swaminathan, M.S. (2005). “Hunger in Africa: the link between unhealthy people and unhealthy soils”. *Lancet*, vol. 265, pp. 442-444.

Sarmiento, P. (2018). Australia, New Zealand decision on Golden Rice sets tone for GM food approval. En <https://businessmirror.com.ph/australia-new-zealand-decision-on-golden-rice-sets-tone-for-gm-food-approval/>. Accedido el 14 de julio de 2018.

Stein, A., H. Sachdev, and M. Qaim (2008). “Genetic engineering for the poor: Golden Rice and public health in India”. *World Development*, vol. 36, n° 1, pp. 144–158.

Stone, G. D. (2002). “Both sides now: fallacies in the genetic-modification wars, implications for developing countries, and anthropological perspectives”. *Current Anthropology*, vol. 43.

Stone, G. D. (2005). A science of the gray: Malthus, Marx, and the ethics of studying crop biotechnology en In L Meskell, P Pels (Edts.), *Embedding Ethics: Shifting Boundaries of the Anthropological Profession*, Oxford, Berg.

Stone, G. D. (2010). “The Anthropology of Genetically Modified Crops”. *Annu. Rev. Anthropol.*, vol. 39.

Stone, G.D. (2015). “Biotechnology, Schismogenesis, and the Demise of Uncertainty”. *Washington University Journal of Law & Policy*, vol. 47. Intellectual Property: From Biodiversity to Technical Standards

Stone, G. D. & Glover, D. (2017). “Disembedding grain: Golden Rice, the green revolution, and heirloom seeds in the Philippines. *Agriculture and Human Values* , vol. 34, n° 1.

The Nordic Africa Institute (2015). “Arguments and disputed scientific conclusions”. *Policy Note*, vol. 3.

Thompson, P. B. (1997). “Food biotechnology’s challenge to cultural integrity and consent”. *Hastings Center Report*, vol. 35.

Verdurme, A. & Viaene, J. (2002). Ideas del consumidor sobre seguridad alimentaria: el caso de los alimentos modificados genéticamente. *The IPTS Report*, vol. 65.

WHO, 2016. Vitamin and Mineral Nutrition Information System. World Health Organization!. En [www.who.int](http://www.who.int) . Accedido el 14 de julio de 2018.

Wesseler, J. and D. Zilberman (2014). “The economic power of the Golden Rice opposition” *Environment and Development Economics*, vol. 19, n° 6, pp. 724-742.

Wesseler, J. and D. Zilberman (2016). “Golden Rice: no progress to be seen. Do we still need it?”. *Environment and Development Economics*, vol. 22, n° 107-109

Yang, J.; Xu, K. y Rodríguez, L. (2014). “The rejection of science frames in the news coverage of the golden rice experiment in Hunan, China”. *Health, Risk & Society*, vol. 16, n° 4, pp. 339-354.

Yanez, J. (2020): “El largo y tortuoso camino del arroz dorado” [www.bbvaopenmind.com](http://www.bbvaopenmind.com)

Zeratsky, K. (2015). Genetically modified foods - Why the controversy? Nutrition and healthy eating, *Mayo Clinic*.

**Recepción:** 14-9-20

**Aceptación:** 18-12-20