

# Cápsulas

# de ciencia



## Edición genómica de plantas

Una herramienta biotecnológica para garantizar la seguridad alimentaria

Yemitzel Camarero Arellano<sup>1\*</sup>  
Noé Valentín Duran Figueroa<sup>2</sup>  
*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del IPN.*

\*yemitzelcamarero@gmail.com

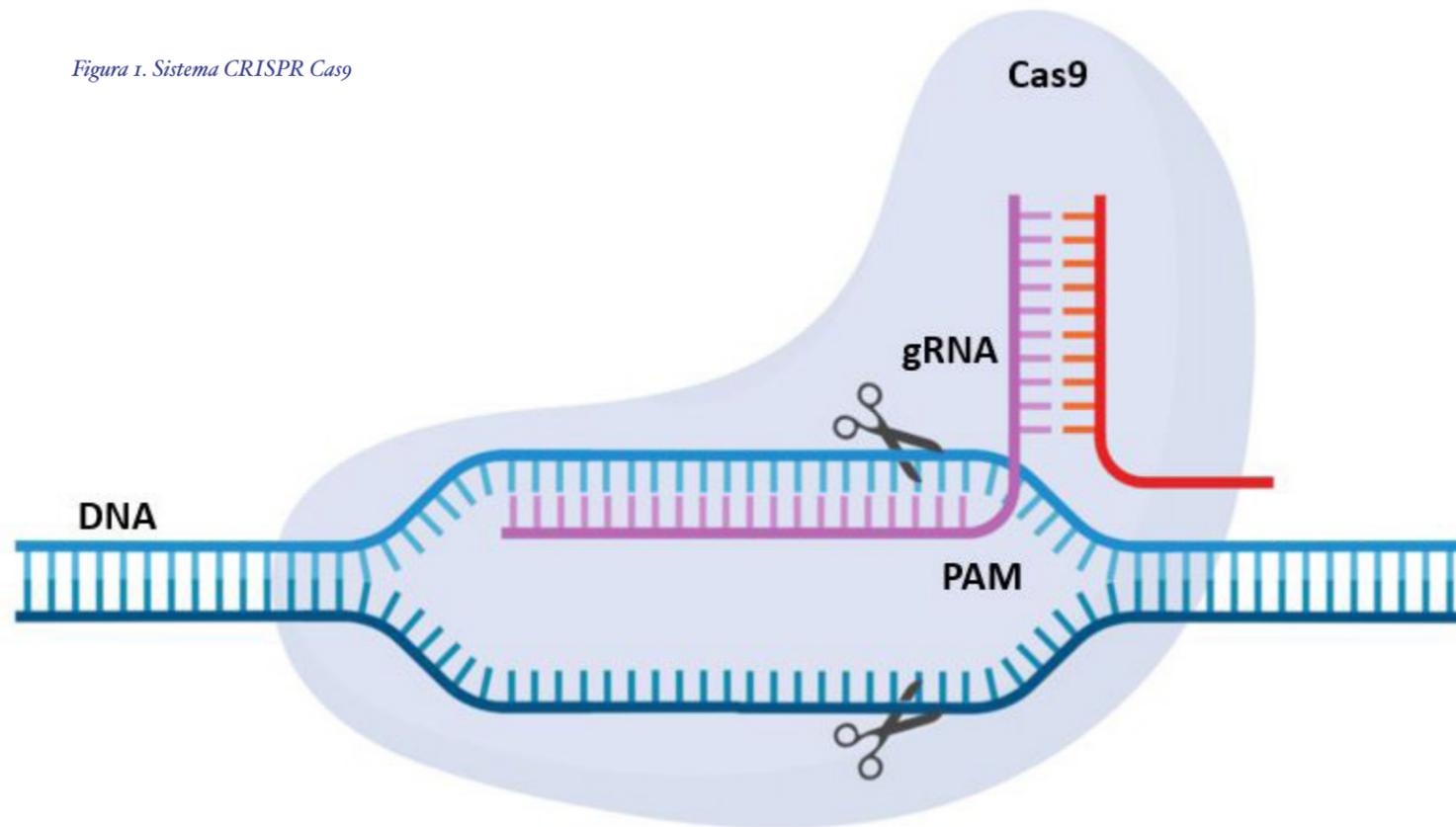
La proyección del crecimiento de la población mundial estima que para el año 2050 seremos 9700 millones de personas [1]. Para satisfacer las necesidades alimentarias, nutricionales y de salud de toda la población, es necesario plantear el tema de la seguridad agroalimentaria desde diferentes ángulos, tales como el científico, social y económico para así, maximizar todas las soluciones al problema y proveer del alimento necesario [2]. Si abordamos la problemática de salud nos daremos cuenta de que puede ir de la mano con los conflictos agrícolas, ya que los alimentos provenientes de los vegetales, además de proveer un paquete nutricional, aportan un valor funcional sin dejar de lado otros metabolitos extraídos de dichos vegetales, los cuales pueden ser utilizados con fines terapéuticos o farmacéuticos. Entonces, asociado a la seguridad agroalimentaria que garantice la disposición de alimentos para el año 2050, se deben tomar en cuenta la aplicación de tecnologías amigables con el ambiente y que al mismo tiempo no influyan en el cambio climático. Para lograr tal reto, se requiere el uso de vegetales resistentes a periodos largos de sequía, que requieran menos cantidades de fertilizantes químicos, que utilicen agroquímicos no contaminantes, que el uso de herbicidas no sea tóxico; pero, al mismo tiempo se requiere que el rendimiento de los cultivos sea mucho mayor, inocuos y que los vegetales tengan un poder nutricional alto. Esto, sin duda alguna marca un enorme reto para la biotecnología agrícola [3].

A través de la historia, el hombre ha ido en busca de mejoras agronómicas que incrementen el rendimiento de sus cultivos, y que satisfaga las demandas de la población. Por ejemplo, en el periodo precolombino los aztecas utilizaban una técnica conocida como *chinampas* (del náhuatl *chinamitla*), técnica de cultivo que permitió crecer

milpa y otras hortalizas en Xochimilco, esto fue clave para garantizar los alimentos necesarios de esa época [4]. En el siglo XVIII, Gregor Mendel establece las bases de la genética trabajando con leguminosas, él realizó cruza genéticas usando como modelo la planta de chícharo para obtener plantas con rasgos dominantes. Durante el siglo XIX el conocimiento generado por Mendel se aplicó para mejorar cultivos mediante cruza de diversas variedades con rasgos “elite” y así, obtener plantas híbridas que fueran resistentes a enfermedades, tolerantes a sequía, entre otros rasgos [5]. A la fecha, los híbridos mejorados dominan el mercado de semillas; sin embargo, con miras al 2050 estas no serán suficientes, es así como la generación de plantas con mejoras basadas en la edición genómica de los cultivos permitirá obtener alimentos de mejor calidad sin ser tóxicos, que puedan garantizar esa Seguridad Agroalimentaria tan anhelada.

La desventaja de trabajar con híbridos radica en que una variedad mejorada mediante esta estrategia puede tardar entre 10 y 20 años, dependiendo de la especie vegetal, esto se debe entre otras cosas a que es un sistema donde el azar juega un papel preponderante. Por tal razón, y para disminuir este “azar genético”, en años recientes se ha recurrido a la edición genómica, que es una técnica dirigida hacia algún gen específico que confiera rasgos de interés agronómico. Con esto se pueden obtener líneas mejoradas en 6 meses para cultivos cíclicos como maíz, arroz o trigo [6]. Algunas técnicas que se han utilizado para editar el genoma de las plantas son: *nucleasas efectoras similares a activadores de transcripción* conocidas como TALENs por sus siglas en inglés, *meganucleasas*, *nucleasas con dedos de zinc* (ZFNs por sus siglas en inglés), y finalmente la técnica de CRISPR/Cas (del inglés, repeticiones

Figura 1. Sistema CRISPR Cas9



palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas). Esta última, de mayor aplicación debido a la simplicidad y mayor eficiencia razón por la cual hay una enorme diversidad de uso en una amplia variedad de cultivos [7,8].

La tecnología molecular CRISPR nace en el año 1987, pero fue hasta el 2002 que se acuñó el acrónimo CRISPR, cuando además de esas repeticiones palindrómicas, se encontró el gen de la proteína llamada “Cas” asociado (CRISPR asociated) [9]. Este sistema funciona mediante la interacción de la proteína Cas con una secuencia de RNA guía, la cual es responsable de dirigir la nucleasa hacia un sitio específico del genoma, el RNA guía incluye una secuencia conocida como PAM que reconoce el sitio de corte que llevará a cabo la nucleasa Cas9 en el genoma [10]. Cabe señalar, que existen distintas proteínas Cas, con distintos mecanismos de acción, las cuales se eligen de acuerdo con el tipo de edición que se desee realizar, la técnica es más conocida como CRISPR-Cas9 debido a que la enzima más utilizada es la proteína número 9 proveniente de *Streptococcus pyogenes* [11]. Figura 1. El sistema CRISPR/Cas9 se ha utilizado para obtener plantas resistentes a estreses bióticos y abióticos.

En cereales como el arroz, trigo y maíz gran parte de las mejoras realizadas mediante CRISPR/Cas9 se han enfocado en el desarrollo de plantas resistentes a hongos fitopatógenos y a incrementar la resistencia a altas temperaturas asociadas al cambio climático, también se han producido modificaciones en frijol, en manzana, papaya y hortalizas como pepino, tomate y sandía [12]. Hay reportes en la edición del gen *SlJAZ2* de tomate, en cual influye en la percepción de la hormona vegetal jasmonato, la cual protege la planta frente a hongos patógenos [13].

Finalmente, para garantizar tanto la seguridad agroalimentaria como la inocuidad de esta, se deben elegir los genes a editar con sumo cuidado, no solo elegir genes que codifican para proteínas, sino genes auxiliares que antes no se tomaban en cuenta como los microRNAs, que hoy se sabe que actúan como reguladores de distintos procesos de desarrollo y crecimiento de plantas [14,15]. Se debe verificar que las ediciones genómicas sean adaptables a los distintos cultivos, pero también a las distintas condiciones ambientales. Nos hallamos en una época fascinante, donde convergen distintas tecnologías, todas encaminadas para obtener una agricultura

sostenible, esta tecnología puede utilizarse para la edición genética en microorganismos y plantas, y en células humanas para la erradicación de enfermedades. Debido a su gran alcance, CRISPR/Cas9 originó una curiosidad a nivel mundial sobre las consecuencias que puede tener en el ambiente, la política, la economía y la sociedad. Aun cuando es importante conocer cómo funciona y sus posibles aplicaciones, no se debe dejar de lado la regulación de esta tecnología y poder seguir generando investigación básica. Sin lugar a duda, la edición de genomas mediante CRISPR/Cas está jugando un papel clave en la producción de nuevas variedades de cultivos, lo que es prometedor para garantizar la seguridad alimentaria. [10.1007/s11248-021-00259-6](https://doi.org/10.1007/s11248-021-00259-6)

## Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas, 2022. Departamento de asuntos económicos y sociales. [shorturl.at/nquEM](https://shorturl.at/nquEM), [shorturl.at/fkuIR](https://shorturl.at/fkuIR)
- [2] Gu D, Andreev K & Dupre M.E. (2021). Major trends in population growth around the world. *China CDC Wkly.* 3(28): 604-613. DOI: [10.46234/ccdcw2021.160](https://doi.org/10.46234/ccdcw2021.160)
- [3] Moreira B.J.C., Gustavo L.W. & da Cruz N.W.S. (2021). Quercetin as a potential nutraceutical against coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Ars Pharmaceutica* 62(1): 85-89. DOI: [10.30827/ars.v62i1.15684](https://doi.org/10.30827/ars.v62i1.15684)
- [4] González C.E. y Torres V.C.I., 2014. La sustentabilidad agrícola de las chinampas en el Valle de México: caso Xochimilco. *Revista Mexicana de Agronegocios* 34: 699-709. DOI: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/38659>
- [5] Amberger, J. S., Bocchini, C. A., Schiettecatte, F., Scott, A. F., & Hamosh, A. (2015). OMIM.org: Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM(R)), an online catalog of human genes and genetic disorders. *Nucleic Acids Research*, 43, D789–D798. DOI: [10.1093/nar/gku1205](https://doi.org/10.1093/nar/gku1205)
- [6] He, Y., Zhang, Y., Liao, Y. et al. Rice hybrid mimics have stable yields equivalent to those of the F1 hybrid and suggest a basis for hybrid vigour. *Plant*. 254, 51 (2021). DOI: [10.1007/s00425-021-03700-6](https://doi.org/10.1007/s00425-021-03700-6)

[7] Matres J.M., Hilscher J., Datta A., Armario-Najera V., Baysal C., He W., Huang X., Zhu C., Valizadeh-Kamran R., Trijatmiko K.R., Capell T., Christou P., Stoger E. & Slamet-Loedin I.H. (2021). Genome editing in cereal crops: an overview. *Transgenic Research* 30(4): 461-498. DOI: [10.1007/s11248-021-00259-6](https://doi.org/10.1007/s11248-021-00259-6)

[8] Garza-García R., Jacinto-Hernández C. & Garza-García D. (2010). Bayo Azteca, primera variedad mejorada de frijol con resistencia a *Apion godmani* Wagner. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.1(5):651-656. [shorturl.at/uyZ59](https://shorturl.at/uyZ59)

[9] Rao Y., Yang X., Pan C., Wang C., & Wang K. (2022). Advance of clustered regularly interspaced short palindromic repeats-cas9 system and its application in crop improvement. *Frontiers in Plant Science*. 13: 839001. DOI: [10.3389/fpls.2022.839001](https://doi.org/10.3389/fpls.2022.839001)

[10] Naik B. J., Shimoga G., Kim S-C., Manjulatha M., Reddy C. S., Palem R. D., Kumar M., S-Y., & Lee S-H. (2022). CRISPR/Cas9 and nanotechnology pertinence in agricultural crop refinement. *Frontiers in Plant science*. 13: 843575. DOI: [10.3389/fpls.2022.843575](https://doi.org/10.3389/fpls.2022.843575)

[11] Wolter, F., Schindele, P., & Puchta, H. (2019). Plant breeding at the speed of light: the power of CRISPR/Cas to generate directed genetic diversity at multiple sites. *BMC Plant Biology*. 19(1), 176. DOI: [10.1186/s12870-019-1775-1](https://doi.org/10.1186/s12870-019-1775-1)

[12] Wang, T., Zhang, H., & Zhu, H. (2019). CRISPR technology is revolutionizing the improvement of tomato and other fruit crops. *Horticulture Research*. 6(1), 77. DOI: [10.1038/s41438-019-0159-x](https://doi.org/10.1038/s41438-019-0159-x)

[13] Biswal, A. K., Mangrauthia, S. K., Reddy, M. R., & Yugandhar, P. (2019). CRISPR mediated genome engineering to develop climate smart rice: Challenges and opportunities. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 96, 100-106. DOI: [10.1016/j.semcd.2019.04.005](https://doi.org/10.1016/j.semcd.2019.04.005)

[14] Wenyi Wang & Gad Galili. (2019). Tuning the Orchestra: miRNAs in Plant Immunity. *Trends in Plant Science*. 24:189-191. DOI: [10.1016/j.tplants.2019.01.009](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.01.009)

[15] Baloglu M. C., Altunoglu Y. C., Baloglu P., Yildiz A. B., Türkölmez N. & Giftçi Y. Ö. (2022). Gene-editing technologies and applications in legumes: progress, evolution, and future prospects. *Frontiers in genetics*. 13: 859437. DOI: [10.3389/fgene.2022.859437](https://doi.org/10.3389/fgene.2022.859437)