

Quizá una provocación para promover la discusión pueda ser la proyección de alguna de las películas que se mencionan a continuación: *El mundo perdido: Jurassic Park* (1997), *Gattaca* (1997), *Blade Runner* (1982) o *Splice: experimento mortal* (2009). Otra opción es proponer al grupo que además de la lectura del artículo, lean alguna de las novelas que recomiendan en el blog: <https://revistageneticamedica.com/blog/novelas-ingenieria-genetica/>.

VI. Bibliografía y mesografía

Brouet, Anne-Muriel, "CRISPR, au-delà de la génétique", *Journal de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne*, Núm. 24, pp. 5-7, Lausana, Suiza, marzo 2019.

Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas, "Historia de la revolucionaria técnica CRISPR", Universidad Politécnica de Valencia, 2 de febrero 2016, en: www.ibmcp.csic.es/es/actualidad/historia-de-la-revolucionaria-tecnica-crispr

López Casillas, Fernando, "CRISPR, el sueño divino hecho realidad", *Revista de la Facultad de Medicina*, Vol. 58, Núm. 4, Ciudad de México, julio-agosto 2015, en: www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422015000400055/.

Morán, Alberto, "Novedades sobre CRISPR", *Dciencia*, España, 15 de febrero de 2017, en: www.dciencia.es/novedades-sobre-crispr/.

Vidal, Macarena, "Científicos chinos aseguran haber creado los primeros bebés modificados genéticamente", *El País*, España, 28 de noviembre de 2018, en: https://elpais.com/elpais/2018/11/26/ciencia/1543224768_174686.html/.

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.

hechos los estudiantes podrán indagar qué pasó, por qué pasó y cómo lo explicarían.

Es importante dar un tiempo de reflexión para obtener las ideas de los alumnos. Les pediremos que las explicaciones estén basadas en evidencias. Tendremos que planear una secuencia de actividades vinculadas al fenómeno ancla de manera que los alumnos adquieran los conceptos.

Implicaciones sociales, éticas y de salud

Tedros Adhanom Ghebreyesus, director general de la Organización Mundial de la Salud (OMS), destacó que "la edición genética puede tener consecuencias imprevisibles, así que se trata de aguas que no conocemos y es un tema que se tiene que abordar de manera seria [...] no se puede simplemente hacer edición genética sin reglas". Según él se deben tener en cuenta factores éticos, sociales y de salud. Con base en la opinión de los expertos organizaremos un debate para proponer cuáles serían las implicaciones sociales, éticas y de salud de la edición genética en humanos. Será interesante conocer lo que piensan nuestros estudiantes.



Guía del
Smaestro

Guía didáctica para abordar en el salón de clases el tema de este artículo

Por Clara Puchet Anyul

Lulu y Nana, rostros de la edición genética en humanos

Mayo 2019, No. 246, p. 8
De: Elisa Núñez-Acosta



MAESTROS:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, como un complemento a los programas de ciencias naturales y sociales, y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

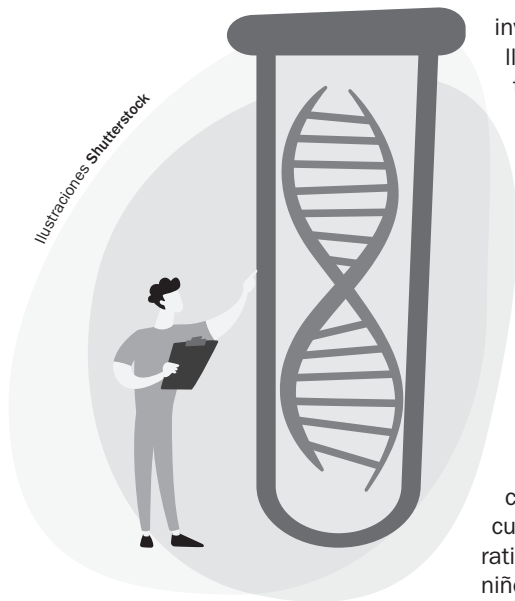
La guía de este mes está basada en un artículo cuyo tema ha tenido gran impacto en las ciencias de la vida desde que se dio a conocer en noviembre de 2018: el nacimiento de Lulu y Nana, dos niñas chinas modificadas genéticamente. La controversia

que se desató nos motivará sin duda para conocer cómo se realizó y qué consecuencias tiene (y tendrá) la edición genética en humanos. Nada como un hecho controvertido para despertar el interés de nuestros estudiantes en las clases de biología y en particular al abordar el tema de genética.

II. Edición genética con CRISPR

CRISPR significa *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*; en español, repeticiones palindrómicas cortas agrupadas a intervalos regulares. Es una técnica que permite cortar o copiar y pegar genes en una molécula de ADN. Es fácil de utilizar, rápida y eficaz, por lo cual ha revolucionado la genética desde su aparición. Es el equivalente a un procesador de textos del ADN. Se le conoce también como tijeras moleculares.

CRISPR se originó en el campo de la microbiología, en la Universidad de



investigadores, entre ellos Emmanuelle Charpentier y Jennifer Doudna, que trabajaron con una variante conocida como CRISPR/Cas9, por lo que en 2015 recibieron el Premio Princesa de Asturias de Investigación, “por el desarrollo de una tecnología que permite modificar genes con precisión y sencillez”. Martínez Mojica reconoce que “el haber pensado que las CRISPR valían para la edición genética es un mérito que no se les puede quitar a las investigadoras”.

Las aplicaciones de esta técnica son muy diversas, abarcan desde la corrección de problemas genéticos y la curación de enfermedades neurodegenerativas o del cáncer, hasta la obtención de niños “a la carta”.

La técnica ya se ha empleado en diversos campos, por ejemplo: para evitar el ennegrecimiento de los champiñones al contacto con el aire, lo que se consigue desactivando el gen de la polifenol oxidasa. Asimismo, a finales de octubre de 2016 científicos chinos realizaron el primer ensayo clínico con CRISPR: eliminar un gen de unos linfocitos de un paciente con cáncer de pulmón.

III. ¿Por qué tanto revuelo?

El experimento del investigador chino He Jiankui consistió en desactivar el gen CCR5 para que las gemelas Lulu y Nana fueran inmunes al virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), causante del sida, heredado de su padre. Parece un buen propósito. Sin embargo, ha desencadenado un alud de críticas: que He no ha publicado su trabajo en una revista científica especializada donde pudiese ser analizado por otros expertos; que si bien se conoce la relación entre el gen eliminado (CCR5) y el VIH, no se conocen otras funciones de ese gen y qué consecuencias tendría su ausencia; y que se violaron los principios éticos acordados internacionalmente que regulan la experimentación con humanos. Otra ra-

zón no menos importante es el potencial de comercialización de una técnica que puede ser la base de un negocio multimillonario (se estima que el mercado global de la tecnología CRISPR/Cas9 superará los 1 500 millones de dólares para 2022). Habría que añadir la diferencia social que supondría entre quienes pueden y quienes no pueden pagar la edición de su genoma, ya sea para curar una enfermedad o para no transmitirla a su descendencia.

Es urgente la creación de una legislación mundial, ya que, como dice Francisco Martínez Mojica, “es prioritario porque ahora está al alcance de todos, cualquier laboratorio puede hacerlo”.

IV. Los expertos opinan

Paul Freemont, investigador del Imperial College de Londres, señaló: “La edición del genoma es una herramienta muy poderosa con grandes beneficios, y todo el mundo en este campo sabe ya que es posible hacerlo, pero no por eso es aceptable. En esta era del amanecer de las tecnologías genéticas es absolutamente esencial que la aplicación de estas tecnologías tenga una aprobación mucho más amplia”.

Para Martínez Mojica “estaba claro que tarde o temprano iba a ocurrir, pero no tan temprano. Es demasiado pronto, demasiado arriesgado [...] es una paradoja que Europa esté considerando que es peligroso consumir alimentos modificados con CRISPR y en China estén engendrándose niños”.

Según Lluís Montoliu, investigador del Centro Nacional de Biotecnología de España: “Es una aplicación de mejora genética. No se trata de curar una enfermedad que tengan subyacente o una enfermedad que puedan desarrollar a lo largo de su vida, sino que se trata de prevenir. Estamos mejorando a esas personas”.

De acuerdo con Fernando López Casillas, investigador del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, “el poder casi divino del CRISPR podría usarse con fines positivos o negativos. Existe el temor fundado de que el CRISPR sea usado para hacer modificaciones que vayan más allá de la terapia génica, en un intento de hacer ingeniería genética con fines eugenésicos. Esto ha causado que muchos científicos hayan alertado al público sobre este uso éticamente reprobable y hayan propuesto una moratoria de la aplicación del CRISPR en humanos. La decisión de cómo usar este portentoso descubrimiento es responsabilidad de la humanidad, idealmente toda ella, de una manera informada y ética. Solo recordemos que si se trata de construir un mundo y una sociedad mejor, los humanos desde hace años tenemos ya los medios necesarios. Parafraseando a Gina Maranto: ‘Ahí donde el amor, la compasión, el altruismo y la justicia han fallado, la manipulación genética tampoco tendrá éxito’”.

V. En el aula

La lectura del texto de referencia puede utilizarse como fenómeno ancla para iniciar el tema de genética. El fenómeno ancla o fenómeno en contexto es un evento o conjunto de eventos observables que pueden ser explicados por los estudiantes mediante modelos. Una vez conocidos los

