



Transhumanismo
y edición del genoma



GRACIELA MOYA

Doctora en Biomedicina. Magister en Biología Molecular Médica. Magister en Bioética. Médica especialista en genética. Pontificia Universidad Católica Argentina. Instituto de Bioética. Facultad de Ciencias Médicas. Profesora de dedicación especial.

Correo electrónico: gracielamoya@uca.edu.ar

Transhumanismo y edición del genoma

Introducción

En diciembre de 2015 la Sociedad Real de Londres, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, y la Academia Nacional de Ciencias de China, organizaron en Washington la Cumbre internacional sobre edición de genes humanos (International Summit on Human Gene Editing). Se reunieron alrededor de 500 científicos, especialistas en ética, expertos en derecho y asociaciones de pacientes de más de 20 países. El objetivo de esta reunión fue discutir sobre la aplicación de la edición de genes en humanos y generar recomendaciones para su aplicación (Reardon, 2015). En esa reunión, entre otros, John Harris, filósofo de la Universidad de Manchester, observó que, por un lado, “ninguna nueva tecnología biomédica es perfectamente segura” (2015, p. 3); y por otro, “la reproducción sexual humana da como resultado problemas médicos de base genética en una fracción sustancial de los niños” (2015, p. 4). Por lo tanto, la edición de genes será aceptable cuando sus beneficios, tanto para los individuos como para la sociedad en general, superen

sus riesgos, aunque ambos, riesgos y beneficios, por el momento son inciertos. Pero aclaró que la edición de genes humanos proporciona un medio para evolucionar “mediante un proceso más racional y mucho más rápido que la evolución darwiniana” (2015, p. 4). Luego explicó, “lo que está claro es que en algún momento tendremos que escapar más allá de nuestro frágil planeta y más allá de nuestra frágil naturaleza. Una forma de mejorar nuestra capacidad para hacer ambas cosas es mejorando la naturaleza humana” (2015, p. 4).

¿Pero qué implica realmente la edición del genoma, y qué significa mejorar la naturaleza humana? En este trabajo se intentará aclarar el alcance y limitaciones de una de las técnicas de edición del genoma más conocida como (CRISPR-Cas) y sus implicancias para la salud y riesgos del uso extendido al mejoramiento humano.

Edición del genoma

El premio Nobel en el campo de la Química del año 2020 fue otorgado a dos investigadoras, Emmanuelle Charpentier y Jennifer A. Doudna (Nobel Media AB, 2021), por sus descubrimientos en la edición del genoma de células procariotas¹ utilizando el sistema CRISPR Cas9. Esa herramienta se conoce como *genetic scissors* (tijeras genéticas) ya que permite cortes precisos del genoma. Las posibles aplicaciones clínicas de este sistema generan en el área de diagnóstico,

¹ Una célula procariota o procarionte es un organismo unicelular sin núcleo, cuyo material genético se encuentra en el citoplasma reunido en una zona denominada nucleóide, comprende a las bacterias y arqueas.



monitoreo y tratamiento de enfermedades, de causa parcial o totalmente genéticas, una gran expectativa abriendo líneas de investigación con intervención en los genomas, muy esperadas, por muchos investigadores (Montoliu, 2020, p. 377).

CRISPR-Cas es un acrónimo compuesto en 2001 por Francisco Mojica y colaboradores, para designar un tipo de repeticiones de ADN cortas, palindrómicas, agrupadas, y regularmente espaciadas, lo que en inglés se corresponde con *clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR)*, y sus proteínas asociadas se denominaron *CRISPR associated (Cas)* (Mojica, Diez-Villasenor, Soria, Juez, 2000).

En las bacterias y arqueas, el sistema CRISPR-Cas garantiza una inmunidad adquirida, resultante de las infecciones virales que se transmiten de generación en generación, ya que en este sistema queda codificada la secuencia genética del virus invasor provocando su reconocimiento y destrucción en la futura infección. El sistema CRISPR-Cas es un sistema inmunológico adaptativo microbiano que consiste en dos moléculas: una nucleasa (enzima que degrada los ácidos nucleicos) y una molécula de ADN combinada con un segmento guía de ARN que indica a la nucleasa la secuencia que debe ser degradada (Ran, Hsu, Wright et al, 2013).

Charpentier y Doudna, basadas en este complejo natural, diseñaron un sistema que modificando el ARN guía permite el reconocimiento de secuencias específicas de ADN en las que se pueden realizar modificaciones genéticas determinadas, en forma precisa, sencilla



y a un bajo costo, en un sitio elegido de la secuencia del genoma (Ishino, Krupovic, Forterre, 2018). Así, se entiende al sistema CRISPR-Cas9 como altamente eficiente y versátil ya que permite la generación de mutaciones, deleciones de grandes segmentos de genoma (Son, Lai, Li, 2017), knock-out (pérdida) de múltiples genes (Long, Guo, Yao, Xiong, Li, Liu, Zhu, Liu, 2015), knock-in (adición) de genes, regulación de la expresión génica, translocaciones o inversiones de genes (Renouf, Piganeau, Ghezraoui, Jasin, Brunet, 2014), regulación epigenómica (Hilton, D'ippolito, Vockley, Thakore, Crawford, Gersbach, 2015), o marcado de genes (Chen, Fenk, de Bono, 2013), con una eficacia variable que depende de la estrategia elegida y del tamaño del segmento génico a modificar.

Esta posibilidad de elegir un sitio específico del genoma para ser modificado abre la puerta a todo tipo de intervención sobre el genoma a nivel celular, tisular y de organismos en general (Mandal et al, 2014; Niu et al, 2014). Por ello, se considera una herramienta de gran utilidad en la agricultura, la veterinaria, la industria farmacéutica y la medicina humana, ya que posibilita la corrección de mutaciones o la incorporación de nuevas modificaciones al ADN (Jinek, Chylinski, Fonfara, Hauer, Doudna, Charpentier, 2012), tanto a nivel somático como germinal.

Actualmente se reportan ciertas limitaciones técnicas como: 1) la dificultad para una introducción eficaz del sistema en las células; 2) la falta de precisión, porque produce efectos “fuera del blanco” de corte, es decir, cortes en el genoma fuera de los sitios elegidos que



pueden provocar alteraciones en el funcionamiento de otros genes que afecte el desarrollo del organismo o genere clones con diferente información genética que la esperada (Mittal, 2019); 3) la generación de mosaicismos,² debido a que la edición es incompleta, ya sea porque no involucre a ambos alelos (materno y paterno), o bien algunas células del organismo no llegan a ser modificadas (Mianné, Codner, Caulder, Fell, Hutchison, King, Stewart, Wells, Teboul, 2017); y 4) ineficiencia en el control de la reparación del sitio del genoma en donde se realizó el cambio; entre las conocidas actualmente. Dadas estas limitaciones para comprobar la eficacia de la técnica deben ser genotipados y caracterizados tanto los tejidos como los organismos modificados genéticamente para confirmar que la edición del genoma se realizó como era esperada. Así es posible utilizar esta técnica a nivel experimental y elegir el clon o los organismos correctamente modificados para los ensayos y descartar el resto. Estas limitaciones restringen, por el momento, su uso en organismos multicelulares y especialmente en seres humanos aún en etapa embrionaria (Eid, Mahfouz, 2016).

Edición del genoma en medicina humana

En el área de medicina humana, la finalidad de la modificación del genoma puede dividirse en cuatro categorías principales: edición somática, investigación básica y aplicada, edición genética hereditaria y mejoramiento genómico. Los objetivos, los medios y los cuestio-

² Mosaicismo se refiere a que existen poblaciones celulares con diferentes genomas, algunas con el genoma original y otras con el genoma modificado.



namientos éticos son diferentes (Marchant, 2021), por ello, es importante realizar una distinción entre ellos.

Edición del genoma a nivel somático

La aplicación de la edición del genoma a nivel somático implica la posibilidad de corregir el genoma de solo un grupo celular o tejido, pero no de todo el organismo (Torres-Ruiz, Rodríguez-Perales, 2017). Las estrategias de edición del genoma en desarrollo pueden ser *ex vivo* o *in vivo* (Song, 2017). En el primer caso se obtienen células de un individuo y se modifican en cultivo, y una vez comprobada la modificación en forma eficiente, estas mismas células se reintroducen en el mismo individuo. En la forma *in vivo*, el sistema CRISPR-Cas se introduce en el organismo con la esperanza de que llegue al tejido blanco cuyo genoma sea necesario reparar.

Actualmente, la mayoría de las investigaciones clínicas en humanos se realizan *ex vivo* y buscan determinar la seguridad y eficacia de la edición del genoma en las células somáticas y optimizar la forma de lograr el trasplante al organismo original (Li, Glass, Mingqian, Zheng-Yi, Qiaobing, 2020). Actualmente existen varias líneas que utilizan este sistema en distintas fases de investigación registradas a nivel internacional (U.S. National Library of Medicine, 2021).

Al presente, también es posible crear líneas celulares estaminales adultas con pluripotencialidad inducida (iPS)³ derivada del mismo paciente para estudiar su

³ Las células estaminales pluripotentes inducidas (iPSCs) son células adultas que han sido genéticamente reprogramadas para pasar a un estado similar a las células madre embrionarias, al obligarlas a expresar los ge-



fenotipo, comprender los mecanismos biológicos normales o patológicos, y para el desarrollo o monitoreo de fármacos en distintos ambientes genéticos (Salsman, Dellaire, 2017). En este campo existen diferentes líneas de investigación en enfermedad de Parkinson (Safari, Hatam, Behbahani, Rezaei, Barekati-Mowahed, Petramfar, Khademi, 2020). distrofia muscular de Duchenne (Zhang, Li, Min, Sanchez-Ortiz, Huang, Mireault, Shelton, Kim, Mammen, Bassel-Duby, Olson, 2020), distrofia Miotónica (Raaijmakers, Ripken, Ausems, Wansink, 2019), en cáncer (Akram, Ikram Ul Haq, Ahmed, Khan, Ali, 2020), e inmunoterapia (Wu, Cao, 2019); en organogénesis como modelo de estudio de enfermedades o modelaje de enfermedades en animales (Tobita, Guzman-Lepe, Collin de l'Hortet, 2015). Actualmente existen ensayos en células iPS que utilizan estas técnicas en anemia sideroblástica (Frangoul, Altshuler, Cappellini, Chen, Domm, Eustace, Foell, de la Fuente, Grupp, Handgretinger, Ho, Kattamis, Kernytsky, Lekstrom-Himes, Li, Locatelli, Mapara, de Montalembert, Rondelli, Sharma, Sheth, Soni, Steinberg, Wall, Yen, Corbacioglu, 2021), talasemia (Gabr, El Ghamrawy, Almaeen, et al., 2020), déficit de alfa-1 antitripsina (McNulty, Silberstein, Kuhn, Padgett, Nandi, McDonald, Cross, 2021) y en enfermedad de Alzheimer (Barman, Khan, Islam, et al, 2020). Se investigan también estrategias para el tratamiento de enfermedades no genéticas como el caso de ensayos clínicos para el desarrollo de células hematopoyéticas resistentes a HIV. (Xiao, Guo, Chen, 2019; Das, Binda, Berkhout, 2019).

nes y los factores importantes para el mantenimiento de las propiedades definitivas de las células madre embrionarias.



En estos casos, esas investigaciones tienen una finalidad clara: buscan generar cambios genómicos solo en ciertos tejidos o grupos celulares de un individuo en un proceso terapéutico, pero no pretende modificar el genoma de sus células germinales. De esta manera, el *pool* genético humano no se afecta, la modificación no se transmite a la descendencia, solo se alteran los genes que afectan la salud de las personas con una finalidad exclusivamente terapéutica. Estas técnicas se valoran como la terapia génica somática que está, generalmente, bien gobernada por los sistemas regulatorios nacionales con normas claras a nivel nacional e internacional, por lo que la necesidad de una gobernanza global es menos urgente.

Edición del genoma: investigación básica y aplicada

La investigación básica y aplicada puede realizarse en células somáticas del mismo paciente, o en células embrionarias que se obtienen de seres humanos en etapa embrionaria, vivos, que son destinados a la investigación. En el primer caso, la posibilidad de intervenir en forma directa y precisa sobre el genoma humano permite entender más acabadamente las causas y mecanismos de las enfermedades, reconocer su interacción con los factores ambientales o el diseño de fármacos específicos para su tratamiento o curación, entre otras (Torres-Ruiz, Rodríguez-Perales, 2017).

En el segundo caso, la finalidad de diseñar estudios de investigación con embriones humanos tiene el objetivo de conocer con más detalle la activación y desactivación de genes en las etapas precoces del desarrollo embrio-



nario en seres humanos, entender los mecanismos que controlan la implantación o la fisiopatogenia de enfermedades genéticas o anomalías congénitas, entre otras (Norah, Fogarty, et al., 2017). Se investiga sobre seres humanos en edad embrionaria, vivos, quienes deben ser destruidos antes del día 14 de vida para obtener la información buscada (Daoud, Popovic, Dondorp, Bustos, Bredenoord, Lopes, Brink, Roelen, de Wert, Heindryckx, 2020). Esta circunstancia plantea un dilema moral serio, porque implica la destrucción deliberada de aquellos embriones humanos que fueron seleccionados o creados particularmente para la investigación (Ma, Marti-Gutierrez, Park, et al., 2017). Las diferentes naciones tratan la investigación con embriones humanos de manera muy dispar, desde una prohibición absoluta hasta una libertad completa, basándose en tradiciones sociales, culturales, éticas y legales profundamente arraigadas (ISSCR, 2007; Lo, Parham, 2009).

La investigación en embriones es ética y políticamente controversial porque requiere la destrucción de seres humanos en edad embrionaria, vivos (Parham, 2009). La aceptación o rechazo de esta práctica depende del estatuto moral y legal que se le otorgue al ser humano en esta etapa de su vida (Moya, 2014).

Edición genética hereditaria

La edición del genoma humano a nivel germinal tiene como área de trabajo más promisoría la reproducción asistida, pudiendo aplicarse en distintos escenarios (Plaza y Lanner, 2017). La finalidad de esta modificación estaría destinada a aquellas familias con con-



diciones genéticas bien entendidas y médicas justificadas que desean tener hijos sanos y genéticamente relacionados en quienes solo la edición del genoma a nivel germinal pudiera dar una opción reproductiva a este deseo. Este procedimiento buscaría modificar el genoma del ser humano previamente a su transferencia al útero materno en etapas muy tempranas de su vida antes del desarrollo de la organogénesis, ya sea corrigiendo mutaciones que afecten el desarrollo embrionario, o el funcionamiento de ciertos genes que se expresarán más adelante en la vida del individuo (Greely, 2019b; Ishii, 2015). Estas modificaciones afectan todas las líneas celulares, ya que la modificación del genoma es de todo el organismo en sus etapas tempranas de desarrollo. Ello determina que se alterará el genoma del individuo completo incluyendo el de sus células germinales, por lo tanto, todos los cambios podrán ser transmitidos a su descendencia. Entonces es necesario, como en cualquier otra intervención sobre la vida humana, determinar la seguridad y eficacia de estos procesos. Actualmente los lineamientos internacionales no recomiendan la transferencia de los seres humanos en edad embrionaria a quienes se les haya modificado el genoma (Mudford, 2020). Esto significa una cierta dificultad desde la perspectiva científica, ya que no se conocerá la seguridad y eficacia de la edición del genoma más allá del día 14 de vida, (Appleby, Bredenoord, 2018), y por ello no se podrá constatar si altera de alguna manera el desarrollo fetal o la vida adulta del individuo, o su descendencia (Pera, 2017). Por lo tanto, es difícil de justificar la aceptación de los padres de modificar en forma irreversible el genoma de su propio hijo, en su vida embrionaria, sin cono-



cerse con certeza los efectos de la edición en la vida adulta de esa persona o en la de su descendencia (Li, Tu, Yang, Li, 2017; Schenkwein, Ylä-Herttuala, 2018). Especialmente cuando muchos países aceptan la posibilidad del diagnóstico genético de preimplantación y descarte de seres humanos en etapa embrionaria si no cumplen con las expectativas de los padres o de los científicos o la entrega de gametos de un tercero (Anselmino, Moya, 2017).

Edición del genoma con finalidad de mejoramiento genómico (*human enhancement*)

El mejoramiento humano (*human enhancement*) significa optimizar una condición o rasgo genético más allá de un nivel típico o normal, es decir, volver más eficiente un rasgo humano de por sí normal. Los objetivos del mejoramiento se encuentran más allá del tratamiento de enfermedades, incluyen la erradicación de enfermedades, la eliminación del sufrimiento innecesario, y el aumento de las capacidades humanas intelectuales, físicas y emocionales (Bostrom, 2003).

Existe la concepción de que el ser humano es un producto de la evolución natural defectuoso e inherentemente inestable; que a su vez altera en forma, muchas veces irreversible, su medio ambiente. Esto pone en riesgo su supervivencia, sobre todo, si se deja que las fuerzas de la naturaleza actúen sin una dirección determinada (Powell, Buchanan, 2011).

La posibilidad de poder seleccionar, controlar y modificar aquellos genes que podrían brindar a un in-



dividuo una ventaja biológica adaptativa, por portar una dotación genética específica, y decidir sobre las características de la descendencia posibilitaría la redirección del proceso evolutivo hacia senderos predeterminados y no librados al azar (Santaló, Casado, 2016).

Ya la naturaleza ha demostrado un desarrollo subóptimo de los seres vivos y de su entorno; que con frecuencia puede generar cambios que son destructivos para la vida, a menudo a una escala masiva; no selecciona rasgos o procesos degenerativos que ocurren después de la edad reproductiva; y tampoco comprende que las cargas y los beneficios deben distribuirse de manera justa. A su vez, si el ser humano decide conquistar otros planetas, los programas espaciales que impliquen misiones humanas a largo plazo deben considerar que las personas tendrán que hacer frente a riesgos para la salud y la vida que no ocurren en nuestro planeta. Si estos viajes se vuelven una posibilidad o bien una necesidad, dadas las circunstancias de la vida en la Tierra, algunos autores consideran que existe un deber moral para considerar el mejoramiento genético humano, tanto a nivel de la línea germinal como en las células somáticas (Szocik, 2020).

El desarrollo de estas nuevas tecnologías presentes y futuras en genética es justificado, ya que puede ofrecer una solución más eficiente, confiable, versátil y moralmente aceptable que la azarosa y no dirigida evolución darwiniana, sino lograr una evolución autorreflexiva (Buchanan, 2011). Los seres humanos podrán hacerse cargo de su propia evolución y lograr un desarrollo biológico óptimo y rápido porque pueden



valorar en forma más eficiente los cambios que benefician la prolongación de su vida y el bienestar en cualquier ambiente en el que decidan vivir. Así no quedar supeditados a que las modificaciones que pueden surgir al azar mejoren nuestras vidas.

El mejoramiento genético no se encuentra centrado solo en ámbitos científicos o académicos si no que se encuentra incrustado en el contexto social. De hecho, en el año 2019 se lanza, a través de la plataforma Netflix, una serie documental denominada UNnatural selection con la raya media que aparece en el original en UN selection (selección antinatural) que presenta una descripción general de la ingeniería genética y, en particular, la tecnología de edición del genoma CRISPR desde la perspectiva de científicos, corporaciones y *biohackers*⁴⁵ quienes trabajan desde sus hogares exponiéndose a riesgos sin ningún control (Netflix, 22 de marzo de 2021).

Cuestionamiento de las técnicas de edición del genoma

El vertiginoso avance de estas tecnologías, la incertidumbre científica de su seguridad y eficacia, las presiones sociales, comerciales y biopolíticas (de hecho, muchas de las empresas de edición de genoma cotizan en bolsa con superávit comercial) (Lango, 2021) obligan a sumar otros grupos de trabajo que lleven el

⁴ El *biohacking* es el conjunto de acciones que un individuo lleva a cabo, a través de diferentes técnicas y herramientas, para optimizar su cuerpo, su mente y su vida. Un *biohacker* quiere llegar a ser la mejor versión de sí mismo.



cuestionamiento de la aplicación de estas técnicas a una valoración más profunda.

Como mencionamos al comienzo del este capítulo, teniendo en cuenta todos estos cuestionamientos, en diciembre de 2015 la Sociedad Real de Londres, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y la Academia Nacional de Ciencias de China crean la Iniciativa de edición del genoma humano (Human Genome Editing Initiative) diseñada para proporcionar a los investigadores, médicos, legisladores y sociedades de todo el mundo una comprensión integral de la edición del genoma humano, y así ayudar a informar en la toma de decisiones sobre la aplicación de este nuevo campo de investigación (Reardon, 2015).

De su primer encuentro organizado en Washington surge un documento denominado Cumbre internacional sobre edición de genes humanos en el que alienta la investigación básica y clínica, así como los usos clínicos de células somáticas de las técnicas de edición genómica (Human Genome Editing Initiative, 2017). Pero, respecto de la edición germinal concierta que es irresponsable, proceder con cualquier uso clínico

hasta que (i) se hayan resuelto los problemas relevantes de seguridad y eficacia, sobre la base de la comprensión y el equilibrio adecuados de los riesgos, los beneficios potenciales y las alternativas, y (ii) no exista amplio consenso social sobre la idoneidad de la aplicación propuesta (Human Genome Editing Initiative, 2017, p. 132).

Estipula que:



en la actualidad, estos criterios no se han cumplido para ningún uso clínico propuesto: los problemas de seguridad aún no se han explorado adecuadamente; los casos de beneficio más convincente son limitados; y muchas naciones tienen prohibiciones legislativas o reglamentarias sobre la modificación de la línea germinal (NASEM, 2016, p. 7).

Sin embargo, reconoce que “a medida que avanza el conocimiento científico y evolucionan las opiniones de la sociedad, el uso clínico de la edición de la línea germinal debe revisarse con regularidad” (NASEM, 2016, p. 7).

Más tarde en marzo de 2018 se fundó el grupo europeo denominado “Association for Responsible Research and Innovation in Genome Editing” (ARRIGE), en París (Montoliu, Merchant, Hirsch, Abecassis, Jouannet, Baertschi, Sarrauste de Menthière, Chneiweiss y Arri-ves, 2018); y se propuso la creación de un observatorio para la implementación de la edición del genoma a nivel global (Jasanoff y Hurlbu, 2018). La propuesta de estos grupos se concentra en establecer la seguridad, eficacia, e implementación ética del uso de las distintas herramientas de edición del genoma, armonizando una regulación internacional que permita un alcance equitativo, ya que se entiende que el impacto de esta tecnología será global (Smalley, 2018).

A su vez en diciembre de 2018, la Organización de la Salud (OMS) funda un Comité Asesor de Expertos en el Desarrollo de Estándares Globales para la Gobernanza y Supervisión de la Edición del Genoma Humano. Los objetivos de este Comité son examinar los desafíos científicos, éticos, sociales y legales asociados a la



edición del genoma humano, tanto somático como de células germinales. La finalidad del Comité será asesorar a la OMS sobre los mecanismos adecuados de supervisión y gobernanza, a nivel internacional, regional, nacional y local en la implementación de estas técnicas (OMS, 2019).

El Nuffield Council on Bioethics, con sede en el Reino Unido, publicó también en 2018 su informe denominado “Edición del genoma y reproducción humana: cuestiones sociales y éticas”. Dado que este reporte se refiere exclusivamente a la reproducción humana, el principio que lo sustenta es el deseo de las personas de asegurar el bienestar de su descendencia biológicamente relacionada mediante el uso de las técnicas de edición del genoma porque reconoce que estas técnicas van a transformar el campo de la reproducción humana. Ya que el análisis de la aplicación de estas tecnologías se basa en el deseo de los padres, no encuentra que exista una diferencia sustancial entre la edición del genoma hereditario con finalidad terapéutica y la destinada al mejoramiento (Adashi, Cohen, 2018). Centra el foco del análisis en el bienestar de una persona que pueda nacer como consecuencia de esta intervención; que su aplicación esté supeditada a defender los principios de justicia social y solidaridad; que no profundice la división social, la marginación o la discriminación de ciertos grupos de la sociedad; y que solo se introduzcan después de que haya habido un amplio debate social (Nuffield Council on Bioethics, 2018).

Sin duda, la incorporación del concepto de modificación del genoma humano en forma deliberada, con la



posibilidad de ser orientada a los deseos de las personas o de la sociedad, más allá de una finalidad terapéutica y en forma inequitativa es una preocupación que se vuelve más real día a día. Por ello, surgen muchos grupos de trabajo centrados en el análisis de las implicancias éticas y sociales de esta intervención.

1. El escándalo de He Jian-Kui

A pesar de las múltiples publicaciones sobre las consideraciones científicas y éticas, las recomendaciones internacionales y la fundación de varios grupos de trabajo sobre la implementación de la edición genómica en la línea germinal, en el año 2018, el investigador chino, He Jian-Kui, del Departamento de Biología en la *SUSTech* (The Southern University of Science and Technology) en Shenzhen, China, presentó en The Second International Summit on Human Genome Editing en la Universidad de Hong Kong su trabajo denominado *CCR5 Gene Editing in Mouse, Monkey and Human Embryos using CRISPR/Cas9*. Finalizando su presentación, reportó el nacimiento de dos niñas editadas genéticamente en edad embrionaria, diseñadas para ser naturalmente inmunes al virus de inmunodeficiencia humana (VIH), tras una fertilización *in vitro* usando óvulos manipulados por el sistema *CRISPR/Cas9* modificando el receptor CCR5. (Cyranski, 2018; Greely, 2019a). El Dr. He afirmó que su objetivo no era curar o prevenir una enfermedad individual, sino tratar de otorgar un rasgo que pocas personas tienen naturalmente: la capacidad de resistir una posible infección futura con el VIH, el virus del SIDA (Marchione, 2018). La noticia desencadenó inmediatamente críticas, de-



nuncias y debates generalizados sobre la legitimidad científica y ética de los experimentos genéticos del Dr. He. Entre las críticas a su trabajo se mencionan: una indicación médica inadecuada, un protocolo de estudio mal diseñado, un incumplimiento de los estándares éticos para proteger el bienestar de los sujetos de investigación y una falta de transparencia en el desarrollo, revisión y conducción de los procedimientos clínicos (Organizing Committee of the Second International Summit on Human Genome Editing, 2018). La experimentación humana de He no solo había violado las regulaciones chinas que prohíben la edición del genoma de la línea germinal en embriones humanos para uso clínico, sino que violó otras normas éticas y regulatorias nacionales e internacionales sobre investigación en seres humanos (Li, Walker, Nie, Zhang, 2019).⁵⁶ Finalmente, el trabajo de He nunca fue publicado en una revista científica por adolecer de requisitos científicos y éticos adecuados, por lo tanto, no hay información evidente y cierta de qué ocurrió realmente en este procedimiento (Greely, 2019a).

Posteriormente Chunli Bai, presidente de la Chinese Academy of Sciences, publicó una editorial en la que destaca la urgente necesidad de acelerar los esfuerzos para llegar a un acuerdo internacional sobre criterios y estándares más específicos que deben cumplirse antes de que se considere permisible la edición de la línea germinal humana (Dzau, McNutt, Chunli Bai).

⁵ Li JR, Walker S, Nie JB, Zhang XQ. Experiments that led to the first gene-edited babies: the ethical failings and the urgent need for better governance. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2019;20(1):32-38. doi:10.1631/jzus.B1800624



Futuro de la edición genómica a nivel germinal con finalidad de mejoramiento

Por el momento no son claras las posibilidades de continuar con estas líneas de investigación en seres humanos, pero a pesar de las serias dificultades técnicas, la comunidad científica internacional no descarta que puedan ser una realidad en el futuro.

De hecho, en el año 2018 la *Royal Society*, la Academia Nacional de Ciencias de EE. UU. y la Academia Nacional de Medicina de EE. UU. crearon la Comisión internacional sobre el uso clínico de la edición del genoma de la línea germinal humana. El objetivo de la comisión es desarrollar principios, criterios y estándares para el uso clínico de la edición del genoma de la línea germinal humana, en caso de que la sociedad lo considere aceptable (National Academy of Sciences, 2020). En el año 2020 publicaron un informe de un estudio de consenso denominado “Edición del Genoma Humano Heredable” (EGHH) (National Academy of Sciences 2020).

En este documento reconoce las importantes desigualdades sociales, la injusticia, la discriminación racial, el impacto de la globalización, la concientización de que la ciencia se aplica en un contexto social y entiende también que la EGHH merece un amplio debate global y que conlleva cuestiones de equidad.

En el estudio se asume que este procedimiento será en el futuro una opción, porque existen grupos de científicos centrados en la investigación con seres humanos en



edad embrionaria originados ya sea como sobrantes de los tratamientos de fertilización asistida o fecundados especialmente para investigación (Office of the CMO, 2000). Este punto, si bien genera controversias éticas relacionadas con el respecto por la vida de las personas desde el momento de su fecundación, parece estar moralmente superado en estos grupos de trabajo sostenido por recomendaciones y reglamentaciones normativas en algunos países (Richards, 2000; Sang-Hyun, 2014).

Si bien propone que estos procedimientos se justifican en muy pocas familias, que no tendrían otra opción para tener hijos sanos biológicamente relacionados, acepta que las modificaciones intencionales de la línea germinal humana pueden evocar los movimientos eugenésicos de finales del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX que llevaron a la persecución de grupos enteros basados en la raza, la religión, la clase y la capacidad. Por ello, admite que puede generar riesgos de prejuicios y discriminación e insiste en que si la técnica se vuelve robusta, segura y eficiente podrá ofrecerse en forma rutinaria con los procedimientos de fertilización asistida, pero debe ser analizada en los diferentes contextos personales, sociales y éticos.

El documento considera que conceptos como el mejoramiento humano a través de la edición de genoma debe ser analizado de manera diferente cuando se indica para evitar enfermedades graves en ciertas familias o para mejoramiento genético que cuando se indica para tratamientos a nivel somático. Este análisis diferencial se basa en que, por un lado, no habría conocimientos científicos suficientes para su imple-



mentación, los beneficios anticipados en un rasgo podrían tener un impacto imprevisto para otros aspectos, es decir que podría perderse el balance natural del funcionamiento del genoma en forma no sospechada. Aclara un punto importante, que la opción de continuar en este camino va a estar condicionada a la aceptabilidad social, o sea que no dependerá de las indicaciones médicas estrictas, sino de la forma en que la sociedad perciba este mejoramiento genético como una posibilidad o necesidad.

Relación entre mejoramiento genético y transhumanismo

Nick Bostrom, uno de los referentes en el tema de mejoramiento y transhumanismo lo define como un movimiento cultural, intelectual y científico que afirma el deber moral de mejorar las capacidades físicas y cognitivas de la especie humana y de aplicar al hombre las nuevas tecnologías para eliminar aspectos no deseados y no necesarios de la condición humana como son el sufrimiento, la enfermedad, el envejecimiento y hasta la condición mortal (Bostrom, 2005). El objetivo es transformar la humanidad misma de modo radical por la tecnología del futuro, por ello existe una obligación moral de asumir una mirada generosa del desarrollo de la tecnología, porque es un instrumento que, utilizado adecuadamente, permitirá evitar el sufrimiento humano y aumentar el control en nuestras vidas desde las perspectivas biológica, emocional, intelectual y moral superando las barrera y limitaciones actuales que hace del humano un ser dependiente.



El transhumanismo busca generar cambios cuantitativos en las capacidades de las personas e incluso propone generar cambios cualitativos en los que se puede dudar si un ser poshumano pueda ser la misma persona que un ser humano, incluso si el ser poshumano se originó a partir de un ser humano (Bostrom, 2003). Estos cambios son limitados si se utilizan medios de baja tecnología como la educación, la contemplación filosófica, el autoexamen moral, entre otros, pero la mejora tecnológica de los organismos humanos, que incluyan nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información y ciencias del conocimiento serán medios que deben ser explorados con este fin (Vásquez y Postigo, 2015). No solo obtener un aumento considerable de la esperanza de vida, la inteligencia, la salud, la memoria y la sensibilidad emocional sin dejar de existir en el proceso, sino que también se agreguen capacidades adicionales para lograr que los seres post-humanos lleven vidas más valiosas, con menos sufrimiento que las que llevarían los humanos, son beneficios esperados de la aplicación de estas tecnologías.

Doxzen y Halpern (2020) reconocen que la aplicación de estas técnicas de edición del genoma con una finalidad de mejoramiento podría ser socialmente disruptivas. Esta disrupción puede no solo generar una mayor marginación de las personas con condiciones que se asocian a discapacidad, sino que la inequidad en el acceso también crear una nueva forma de injusticia social, dentro de un país o entre países (Doxzen y Halpern, 2020).

Hay diferentes perspectivas desde las que se puede analizar la implementación del mejoramiento humano me-



diante técnicas de edición genética, ya que pueden ser analizadas desde una mirada utilitarista, una mirada liberal, una mirada deontológica o una mirada ontológica.

El enfoque utilitarista

El utilitarismo es una corriente consecuencialista, racionalista, no cognitivista, sostiene que la licitud moral de un acto se basa en las consecuencias que surgen, o que probablemente surjan del mismo. Las consecuencias deseables son aquellas en las que los estados mentales positivos (felicidad o “utilidad”) superan a los estados mentales negativos (sufrimiento o “desutilidad”) en conjunto en todos los individuos afectados (Beauchamp & Childress, 1994).

Esta teoría moral se sostiene en que la búsqueda de la felicidad y la evitación del sufrimiento son altamente valorados por prácticamente todos los seres vivos, especialmente los racionales, quienes pueden prever las circunstancias en que desarrollarán sus actos como uno de los dos estados, de felicidad o de sufrimiento. Los parámetros de análisis que más se ajustan a esta teoría son los de costo-beneficio y costo-efectividad.

Entonces como las técnicas de Edición del Genoma Humano Heredable (EGHH) podrían permitir la prevención y la reducción de enfermedades de causa total o parcialmente genética, ya sea que se expresen al comienzo de la vida o después de la edad reproductiva, la valoración de sus consecuencias promete cálculos de utilidad positivos, tanto en el beneficio como en la efectividad siendo, por lo tanto, candidatas al análisis



utilitario. Smith explica que la utilidad se puede prever a dos niveles: individual y poblacional. En el nivel individual evitaría la ocurrencia de enfermedades y el consecuente sufrimiento que acarrearán para la persona y su entorno. En el nivel poblacional se puede lograr un mundo con menos enfermedades y debilidad y, por lo tanto, con una sociedad con mayor utilidad general.

Sin embargo, para poder realizar estos análisis es indispensable considerar los costos no solo a nivel de los recursos, sino principalmente a nivel de las vidas humanas necesarias para demostrar que estas técnicas sean seguras y efectivas, el nivel mínimo de riesgo aceptable para crear seres humanos genéticamente modificados y los costos de asumir las complicaciones físicas, emocionales y sociales de aquellas personas o sus descendientes con efectos adversos secundarios a la modificación de su genoma.

Considerando los costos económicos de introducir estas técnicas en forma rutinaria, y las dudas actuales respecto a su seguridad y eficacia para algunas concepciones utilitaristas, la adopción de un niño ya nacido parece ser una opción moralmente superior. Según esta perspectiva, la felicidad obtenida al rescatar a un niño existente supera la utilidad producida al crear una nueva vida (Smith, 2019).

Smith intuye que, en un futuro lejano es probable que EGHH se vuelva muy segura y eficiente y se pueda aplicar en forma masiva con una evidente utilidad general, evitando así millones de muertes prematuras y mucho sufrimiento. Por ello, reclama no esperar mucho tiempo para su implementación.



Enfoque liberal

En esta perspectiva el respeto por la libertad tradicional y los derechos individuales son considerados como el argumento moral más trascendente para la toma de decisiones. El principio de autonomía, definido como el derecho individual de aceptar o rechazar un procedimiento médico, ha reemplazado la visión paternalista de la medicina, llevando al riesgo de una medicina consumista, también llamada “del deseo”. Este concepto fue definido por el psicólogo alemán Matthias Kettner (2006), quien reconoce que el nuevo paciente ya no necesita de los saberes y procedimientos médicos para convertir el sufrimiento de la enfermedad en la infelicidad de la normalidad, sino que precisa de tales saberes y procedimientos para aproximar y ajustar las condiciones del propio cuerpo al estilo de vida que desea.

Existe para muchos padres la necesidad de tener un hijo biológicamente relacionado y asumen la libertad de utilizar todos los procedimientos tecnológicos a su alcance para cumplir este deseo. Rulli refiere que existen múltiples razones para querer tener un hijo biológicamente relacionado, entre ellos: la semejanza física entre padres e hijos, la semejanza familiar, la semejanza psicológica, el amor, para lograr una especie de inmortalidad, la conexión genética misma, por ser un procreador, y experimentar el embarazo. Sin embargo, sostiene que, con la posible excepción del deseo de experimentar el embarazo estas razones son demasiado triviales, presuponen el valor de la conexión genética como fundamental en el vínculo padres-hijos y, por lo tanto, no deberían ser superiores al deber de adoptar un niño en lugar de crear uno. Pero reconoce que las



barreras y obstáculos creados en los procesos de adopción; que muchos niños son mayores y que han sido descuidados o abusados, presentando necesidades especiales para sus familias adoptantes, hacen arduo el proceso de adopción; pero que estos factores sociales que dificultan el proceso son contingentes y eliminables (Rulli, 2014).

En esta preminencia del deseo sobre otros valores se justifica que los padres tengan la libertad, y aun el deber moral, de utilizar las herramientas que la ciencia provea con la finalidad de aproximar y ajustar las condiciones de salud y las características de su hijo al estilo de vida que ellos desean (Savulesku, 2001; Savulescu, 2007). En esta visión, el niño por nacer no tiene posibilidad de ejercer su autonomía, sus derechos quedan en custodia de su madre, ambos padres, o quien lo desee como hijo. El niño, cuyo genoma será modificado en forma irreversible en su edad embrionaria, y sus descendientes son quienes asumirán durante toda su vida las consecuencias positivas o negativas que pueden surgir por la edición sin tener la posibilidad de consentir esta intervención.

Así, la visión liberal da prioridad a los derechos de los adultos y no reconoce los derechos del niño en su edad preimplantatoria o prenatal. Esta visión se sostiene porque interpreta que solo deben respetarse los derechos de los adultos ya que 1) son seres reales y no potenciales, 2) son ser seres individuales y definidos y 3) sus decisiones están protegidas por el principio de privacidad, que da prioridad al deseo individual por sobre los valores abstractos de quienes aún no existen



y no tienen competencia social (Heyd, 1995). Uno de los riesgos de este enfoque es los derechos de algunos individuos prevalecen sobre los demás, lo que corre el riesgo de convertirse en una ética del poder en la que algunos deciden sobre el futuro de otros (Giglio, 2017).

Sin embargo, apoyando esta perspectiva liberal nos encontramos con que la mayoría de las recomendaciones internacionales, legislaciones de los países y la orientación de la investigación científica y la financiación del avance tecnológico facilitan los procesos de fertilización asistida y selección de seres humanos para cumplir con el deseo de hijos biológicamente relacionados sanos o el posible deseo de los gobiernos de incrementar su capital humano (Shulman, Bostrom, 2004), y no promueven los procesos de adopción de niños ya nacidos en necesidad de una familia.

Enfoque deontológico

Las perspectivas deontológicas sostienen que las acciones morales se justifican únicamente por las propiedades de la acción misma, no por las consecuencias que las elecciones provocan. En esta perspectiva lo correcto moralmente tiene prioridad sobre el bien que puede surgir como consecuencia de la acción. La pregunta en esta corriente es acerca de si es legítimo modificar el genoma humano asumiendo la incerteza de los riesgos y beneficios, si nos corresponde o si es correcto modificar la naturaleza humana y quién es responsable de que esta mejora se haga en forma segura y eficiente. Su objetivo es descubrir las amenazas y desafíos ocultos que las mejoras suponen para el individuo, la



sociedad o la cultura, y la misma naturaleza (Rüther, Heinrichs, 2019). Entonces el análisis deontológico en el mejoramiento humano puede centrarse en lo correcto de las acciones que afectan el bienestar de las personas, como el respeto por la autonomía y el respeto por la variabilidad humana, en suma, el respeto por la dignidad de la persona humana, o de una manera más amplia en el respeto por la naturaleza en su conjunto, incluyendo la naturaleza humana. Más allá de las consecuencias, el cuestionamiento es sobre el acto de alterar el genoma humano, definido por la Declaración de los Derechos Humanos y Genoma Humano como patrimonio de la humanidad (UNESCO, 1997).

Pero a su vez surge otro cuestionamiento sobre el acto de mejoramiento, de quién será finalmente la responsabilidad de asumir los procedimientos de mejoramiento, dependerá de los sistemas de salud, de las decisiones políticas de un país, o de la decisión individual de las personas. Porque la mejora va más allá de la finalidad terapéutica de restaurar una función, busca superar una función de por sí normal o crear nuevas funciones, entonces se corre el riesgo de medicalizar todas las facetas de la existencia y experiencia humanas. Dado que vivimos en una sociedad que promueve el consumo y la satisfacción inmediata de los deseos puede entender que será responsabilidad del sistema de salud cumplir estos deseos, puede generar una cascada de demanda, y desvirtuar la finalidad del sistema (Pellegrino, 2004). Otros enfoques deontológicos proponen que el centro del debate sea la protección de los derechos humanos fundamentales, especialmente para proteger a los miembros más vulnerables de la sociedad. No concen-



tran su análisis en lo moralmente correcto o incorrecto de implementar la EGHH, sino en la forma que la que será implementada, por ello consideran que cuando se evalúe la moralidad del mejoramiento mediante la edición del genoma se tomen en cuenta los factores que afectan la justicia y la igualdad a nivel de la población, se consideren cómo se verán afectados las vidas y los derechos humanos reales para lograr una mejora verdadera en las vidas humanas, porque reflexionan que la implementación de la EGHH seguramente creará desafíos que pueden poner en riesgo el respeto de los derechos humanos (Doxzen, Halpern, 2020).

Enfoque ontológico

El personalismo ontológico es una ética que tiene un fundamento antropológico ya que defiende el valor objetivo de la persona a partir de su estructura ontológica, desde el momento del inicio de su vida en la fecundación hasta su muerte natural. La persona, dotada de razón y voluntad, es el punto de referencia y medida de lo lícito e ilícito porque interpreta que el ser humano tiene una dignidad que es inherente, que forma parte de su naturaleza humana. Entonces el respeto por la dignidad de la persona es la clave del análisis ético (Scgreccia, 2009). El enfoque personalista analiza las intervenciones sobre la vida humana reconociéndolo como un ser real, histórico, en un determinado contexto social y cultural que debe afrontar nuevos desafíos a medida que surgen aplicaciones científicas y técnicas durante el desarrollo del conocimiento biomédico. Por ello, esta corriente facilita la reflexión ética, ya que ofrece un marco de aná-



lisis ontológico objetivo, que no es ofrecido por otras corrientes de pensamiento bioético que se centran en el acto o las consecuencias del acto (Giglio, 2017).

Centrar el análisis en la persona y su valor intrínseco puede, de alguna manera, para el transhumanismo, desautorizar la valoración ética, ya que algunas miradas dentro de esta corriente no interpreta a la persona como centro del análisis, sino que lo centra en quién podría transformarse la persona luego del mejoramiento. Entonces, el transhumanismo intuye que habrá otros valores morales que hoy no podríamos comprender porque están restringidos por la estrechez de nuestra experiencia y las limitaciones de nuestro poder de imaginación que serán la base de las futuras deliberaciones éticas (Bostrom, 2003).

Sin embargo, las modificaciones genómicas se harán inicialmente sobre personas humanas reales y actuales quienes hoy tienen un determinado estatuto moral y legal que las protege. Pero, por ahora, no solo los seres humanos deben ser respetados, sino que existe un consenso en que el genoma humano también debe ser protegido por considerarse patrimonio de la humanidad.

En el año 1997, aún antes de que la secuenciación del genoma humano se completara, la UNESCO aprobó y proclamó la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos en un intento de promover y desarrollar una reflexión ética referente a las consecuencias de los progresos científicos y técnicos en el campo de la biología y la genética (UNESCO, 1997). Esta declaración se sostiene en dos premisas: el reco-



nocimiento de la dignidad humana como característica intrínseca y la protección del genoma humano como patrimonio de la humanidad. La Declaración interpreta que todos los seres humanos somos iguales axiológica y biológicamente, todos tenemos el mismo valor moral y el mismo origen biológico, lo que transforma a la humanidad en una gran familia. Pero también reconoce y acepta nuestras diferencias individuales que surgen de la diversidad del genoma, base de las variables particularidades genéticas que portamos los seres humanos, que nos dan nuestro carácter único y singular; y el respeto al entorno social, cultural y ambiental en el que nos desarrollamos. Es decir, reconoce al mismo tiempo un aspecto constante de la naturaleza humana, del cual surge la dignidad inherente del ser humano; y un aspecto funcional, cambiante, que surge de la expresión diversa del genoma humano, no solo por pequeñas variantes en su secuencia, su expresión diferencial en las distintas etapas de la vida de las personas, sino que es también modificable por la interacción con el medio ambiente y cultural en el que está inserto.

La Declaración reconoce al mismo tiempo el doble y simultáneo aspecto de la naturaleza humana, lo persistente y constante, y lo diverso y variable. Concibe la diversidad y el derecho a la diversidad como sostén de la identidad natural y ontológica de la persona. No centra la noción de dignidad en la actividad funcional adulta de la persona, sino en su naturaleza. Naturaleza que le da unidad para la expresión de las características racionales emocionales, relacionales y espirituales, propiamente humanas. El ser humano se concibe, nace, se desarrolla y muere en el seno de una familia



que se construye en una sociedad donde encuentra el espacio para expresar su identidad (Moya, 2020).

Entonces el genoma humano, como sustento biológico de la naturaleza humana, se reconoce como la base de la dignidad humana, por ello la declaración asume a la dignidad como inherente a la naturaleza del hombre. No interpreta la dignidad humana como una característica adquirida con base en el ejercicio de ciertas funciones naturales específicamente humanas, ni como una característica otorgada por uno a otros con base en ciertas capacidades, sino que interpreta a la dignidad como un valor objetivo, absoluto e inmutable propio de la naturaleza humana. Esta mirada permite entender que el obrar humano es consecuencia de su ser natural que es causado por su naturaleza.

El genoma humano persiste, con leves cambios, en el transcurso de la vida de la persona debido a que es propiedad constitutiva y no existe separado del ser persona, sino que está encarnado en la singularidad de su ser. Desde el mismo momento de la fecundación se establece un genoma propio, único e irrepetible que le da al ser concebido desde la etapa inicial de su vida todas las características de cambio y crecimiento propias de su naturaleza, su condición, apertura libre, racional, afectiva, social y trascendente.

Este concepto del respeto de la dignidad por el solo hecho de tener naturaleza humana es la base del resto de las consideraciones de la Declaración. En sintonía, Bauman sintetiza que “todos los otros valores solamente son valores en cuanto sirven a la dignidad humana y promueven su causa” (Baumann, 2005, p.



71). Por lo tanto, el reconocimiento auténtico y riguroso del respeto por la dignidad humana debería ser la base del comportamiento idóneo en la aplicación de las tecnologías basadas en el genoma humano.

Sin embargo, no todas las corrientes de pensamiento reconocen la dignidad como una consecuencia esencial de la naturaleza. Sino que interpretan otras capacidades humanas como el ejercicio de la libertad, su sentido moral, el reconocimiento del valor de la propia vida la capacidad de tomar decisiones privadas, o la calidad de vida, como la base del reconocimiento de la dignidad de la persona (Locke, 1975; Engelhardt, 1996; Harris, 1999). Por ello, consideran que hay diferencia entre los conceptos de persona y ser humano, además que utilizar estos términos como sinónimos puede llevar a una confusión en el momento del análisis ético valorativo. Definen persona como cualquier ser, humano u otro, que tenga la función mental suficiente para que se considere su destrucción deliberada como intrínsecamente mala. Mientras que el término ser humano se refiere a cualquier ser miembro de la especie *Homo Sapiens* sin considerar la naturaleza de su vida mental (Brown, 1986). Esta mirada del ser humano centrada en su obrar y no en su ser, genera el riesgo de deshumanizar a ciertos seres humanos con base en sus aspectos funcionales. Así deshumanizados, no son incluidos en los análisis éticos porque su vida no es considerada moralmente valiosa.

Basados en las visiones anteriores es necesario diferenciar dos conceptos: las facultades naturales que son propias de cada ser y las habilidades ejecutables por cada persona. Las facultades naturales no vienen en



grados porque dependen de la naturaleza del ser, pero las habilidades sí son mensurables. Si el ser persona y su dignidad vienen en grados, no todos los seres humanos tienen el mismo valor moral intrínseco, sino que el valor moral de cada ser humano será un atributo adquirido o perdido en forma cuantitativa dependiendo de las circunstancias. En ese caso, el respeto por la dignidad de la persona humana, y en consecuencia sus derechos, entre ellos el derecho a la vida, serán graduales y se aplicarán en ciertas etapas de su vida y no en otras. Siendo clara esta perspectiva contraria a la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos. La definición de la naturaleza humana es central al momento de aplicar las nuevas tecnologías en genética. Reconocer la dignidad como inherente y esencial surgiendo de su naturaleza humana orienta a una mirada superadora centrada en la protección de todos los seres humanos reconociendo el valor y el derecho a la diversidad. El no respetar el derecho a la vida humana en su etapa incipiente “por ciertas características” de su genoma sostiene una mirada de deshumanización de la naturaleza humana. Se piensa la naturaleza desde el ejercicio de las funciones y no como sostén ontológico del ser humano. Ceder a un grupo de personas el reconocimiento de la dignidad humana con base en ciertas características físicas o culturales ya ha sido dolorosamente explorado y padecido por la humanidad en múltiples ocasiones. Por ello, es necesario sostener un criterio generoso para la protección de las personas, un criterio que respete a todos los seres humanos en todas las etapas de desarrollo y en cualquier circunstancia. El reconocimiento de la naturaleza humana como base de su dignidad



sostiene una mirada en la que todos sean incluidos, así evitar el riesgo de dejar nuevamente desamparados y excluidos a algunos individuos de la familia humana (Declaración Universal de Derechos Humanos, 1948).

Conclusiones

Entender estas técnicas de edición del genoma con una finalidad que va más allá de la terapéutica que requiera la destrucción de vidas humanas incipientes en forma deliberada, que exponga a las personas a riesgos aún desconocidos, que no reconozca la protección de la dignidad humana como base de la investigación en seres humanos, que modifique en forma intencional nuestro genoma, que la felicidad de la humanidad quede reducida a la búsqueda de un genoma propuesto como perfecto puede poner en riesgo nuestra vida en el planeta. Ya dolorosamente hemos explorado y padecido la exposición de seres humanos a investigaciones o estudios científicos que no reconocen la dignidad de las personas, en las que un grupo de expertos deciden reconocer o no la dignidad de otros con base en ciertas características definidas en forma arbitraria. Nuevamente nos vemos en la necesidad casi permanente de crear nuevas recomendaciones internacionales que protejan la vida humana y su medio ambiente. La humanidad no logra tomar conciencia de su responsabilidad en la protección de la vida propia y de la vida de los demás, no logra reconocer que lo que nos diferencia de otras criaturas vivas del planeta es nuestra capacidad de proteger y cuidar a los seres más vulnerables de nuestra especie y a las demás especies. Por ello, es necesario continuar abriendo espacios de discusión que



tengan como eje la custodia y promoción de la vida humana desde su inicio, y en todas las circunstancias que nos permita entender la ciencia y la tecnología como medios al servicio de las necesidades humanas reales.



Referencias bibliográficas

- Adashi, E.Y. y Cohen I.G. (2018). The Ethics of Heritable Genome Editing: New Considerations in a Controversial Area. *JAMA*, 320 (24), 2531-2532. doi: 10.1001/jama.2018.18270. PMID: 30508029.
- Akram F., Ikram, U.I. Haq, Ahmed, Z., Khan, H., Ali, M.S. (2020). CRISPR-Cas9, A Promising Therapeutic Tool for Cancer Therapy: A Review. *Protein Pept Lett*, 27 (10), 931-944. doi: 10.2174/0929866527666200407112432. PMID: 32264803.
- Appleby, J.B., Bredenoord, A.L. (2018). Should the 14-day rule for embryo research become the 28-day rule? *EMBO Mol Med*, 10 (9): e9437. doi: 10.15252/emmm.201809437. PMID: 30087137; PMCID: PMC6127884.
- Anselmino, S., Moya, G. (2017). Análisis bioético de la aplicación de las técnicas de edición sobre el genoma humano. *Vida y Ética*, 18 (2), 57-74.
- Das, A.T., Binda, C.S., Berkhout, B. (2019). Elimination of infectious HIV DNA by CRISPR-Cas9. *Current Opinion in Virology*, 38, 81-88, ISSN 1879-6257 Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2019.07.001>.
- Barman, N. C., Khan, N. M., Islam, M., Nain, Z., Roy, R. K., Haque, A., & Barman, S. K. (2020). CRISPR-Cas9: A Promising Genome Editing Thera-

- peutic Tool for Alzheimer's Disease-A Narrative Review. *Neurology and therapy*, 9(2), 419-434. <https://doi.org/10.1007/s40120-020-00218-z>
- Bauman, Z. (2005). *Amor líquido: acerca de la fragilidad de los vínculos humanos*. Barcelona: S.L. Fondo de cultura económica de España.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (1994). *Principles of biomedical ethics*. New York: Oxford University Press.
- Bostrom, N. (2003). Human Genetic Enhancements: A Transhumanist Perspective. *Journal of Value Inquiry*, 37(4), 493-506.
- Bostrom, N. (2005). Transhumanist Values. *Ethical Issues for the 21st Century*, ed. Frederick Adams (Philosophical Documentation Center Press, 2003); reprinted in *Review of Contemporary Philosophy*, 4, 3-14. Recuperado de <https://www.nickbostrom.com/ethics/values.pdf>.
- Brown, J. (1986). Research on human embryos - a justification. *J Med Ethics*, 12 (4), 201-206.
- Chen, C., Fenk, L.A., de Bono, M. (2013). Efficient genome editing in *Caenorhabditis elegans* by CRISPR-targeted homologous recombination. *Nucleic Acids Research.*, 41(20), e193. doi:10.1093/nar/gkt805.
- Comisión internacional sobre el uso clínico de la edición del genoma de la línea germinal humana. Royal Society, US National Academy of Sciences, US National Academy of Medicine. Recuperado de <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/genetic-technologies/international-commission/#Commission%20background> 23.3.21
- Cyranoski, D. (2018). CRISPR-baby scientist fails to satisfy critics. *Nature*, 564, 13-14.



- Doxzen, K., Halpern, J. (2020). Focusing on Human Rights a framework for CRISPR germline genome editing ethics and regulation. *Perspectives in Biology and Medicine*, 63, 44–53.
- Dzau, V., McNutt, M., Baic, C. (2018). Wake-up call from Hong Kong, 362 *Science* 1215. Recuperado de <http://science.sciencemag.org/content/362/6420/1215.abstract>.
- Eid, A., Mahfouz, M.M. (2016). Genome editing: the road of CRISPR/Cas9 from bench to clinic. *Exp Mol Med*, 48(10), e265. doi: 10.1038/emm.2016.111. PMID: 27741224; PMCID: PMC5099421.
- Engelhardt, H.T. (1996). *The foundation of Bioethics*. New York, Oxford University Press.
- Frangoul, H., Altshuler, D., Cappellini, M.D., Chen, Y.S., Domm, J., Eustace, B.K., Foell, J., de la Fuente, J., Grupp, S., Handgretinger, R., Ho, T.W., Kattamis, A., Kernytsky, A., Lekstrom-Himes, J., Li, A.M., Locatelli, F., Mapara, M.Y., de Montalembert, M., Rondelli, D., Sharma, A., Sheth, S., Soni, S., Steinberg, M.H., Wall, D., Yen, A., Corbacioglu, S. (2021). CRISPR-Cas9 Gene Editing for Sickle Cell Disease and β -Thalassemia. *N Engl J Med*, 384 (3), 252-260. doi: 10.1056/NEJMoa2031054. Epub 2020 Dec 5. PMID: 33283989.
- Gabr, H., El Ghamrawy, M. K., Almaeen, A. H., Abdelhafiz, A. S., Hassan, A., & El Sissy, M. H. (2020). CRISPR-mediated gene modification of hematopoietic stem cells with beta-thalassemia IVS-1-110 mutation. *Stem cell research & therapy*, 11(1), 390. <https://doi.org/10.1186/s13287-020-01876-4>.



- Giglio, F. (2017). Bioethical perspective of ontologically-based personalism. *Bioethics Update*, (1), 59–73. doi:10.1016/j.bioet.2017.01.001.
- Greely, H.T. (2019a). CRISPR'd babies: human germline genome editing in the 'He Jiankui affair'. *J Law Biosci*, 6(1), 111-183.
- Greely H.T. (2019b) Human Germline Genome Editing: An Assessment. *The CRISPR Journal*, 2 5, 253-265.
- Harris, J. (1999). The concept of the Person and the value of life. *Kennedy Institute of Ethics Journal*, 9, 293-308.
- Heyd, D. (1995). Prenatal diagnosis: whose right? *J Med Ethics*, 21, 292-7.
- Hilton, I.B., D'Ippolito, A.M., Vockley, C.M., Thakore, P.I., Crawford, G.E., Reddy, T.E., Gersbach, C.A. (2015). Epigenome editing by a CRISPR-Cas9-based acetyltransferase activates genes from promoters and enhancers. *Nat Biotechnol*, 33 (5), 510-7.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Human Genome Editing Initiative. (2022). Recuperado de <https://www.nationalacademies.org/our-work/human-gene-editing-initiative#sectionWebFriendly>
- Ishino, Y., Krupovic, M., Forterre, P. (2018) History of CRISPR-Cas from encounter with a mysterious repeated sequence to genome editing technology. *J Bacteriol*, 200 (7) e00580-17; DOI: 10.1128/JB.00580-17.
- Ishii, T. (2015). Germline genome-editing research and its socioethical implications. *Trends in Molecular Medicine*, 21 (8), 473-481. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2015.05.006>.



- ISSCR International Human Embryonic Stem Cell Research Task Force. (2007). Guidelines for the conduct of human embryonic stem cell research. *Curr Protoc Stem Cell Biol*. Appendix 1: Appendix 1A. doi: 10.1002/9780470151808.sca01as1. PMID: 18785155.
- Jasanoff, S., Hurlbu, J.B. (2018). A global observatory for gene editing. *Nature*, 555, 435–437.
- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J.A., Charpentier, E. (2012). A Programmable Dual-RNA–Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity. *Science*, 337, 816-821.
- Kettner, M. (2006). Medicine of desire” between commercialization and patient-centeredness. *Ethik Med*, 18, 81-91.
- Kim, Sang-Hyun. (2014). The Politics of Human Embryonic Stem Cell Research in South Korea: Contesting National Sociotechnical Imaginaries. *Science as Culture*. 23. 293-319. 10.1080/09505431.2013.860095.
- Lango, L. (2021). 7 CRISPR Stocks for the Future of Medicine. Recuperado de <https://www.nasdaq.com/articles/7-crispr-stocks-for-the-future-of-medicine-2021-01-15>.
- Li, J.R., Walker, S., Nie, J.B., Zhang, X.Q. (2019). Experiments that led to the first gene-edited babies: the ethical failings and the urgent need for better governance. *J Zhejiang Univ Sci B*, 20 (1), 32-38. doi:10.1631/jzus.B1800624.
- Li, X.J., Tu, Z., Yang, W., Li, S. (2017). CRISPR: Established Editor of Human Embryos? *Cell Stem Cell*, 21 (3), 295-296. doi: 10.1016/j.stem.2017.08.007. PMID: 28886363; PMCID: PMC5819596.



- Li, Y., Glass, Z., Huang, M., Chen, Z. Y., & Xu, Q. (2020). Ex vivo cell-based CRISPR/Cas9 genome editing for therapeutic applications. *Biomaterials*, 234, 119711. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2019.119711>.
- Lo, B., Parham, L. (2009). Ethical issues in stem cell research. *Endocr Rev*, 30 (3), 204-13. doi: 10.1210/er.2008-0031. Epub 2009 Apr 14. PMID: 19366754; PMCID: PMC2726839.
- Locke, J. (1975). *An essay concerning human understanding*. Ed. University of California Press; Berkeley.
- Long, L.J., Guo, H., Yao, D., Xiong, K., Li, Y.J., Liu, P.P., Zhu, Z.Y., Liu, D. (2015). Regulation of transcriptionally active genes via the catalytically inactive Cas9 in *C. elegans* and *D. rerio*. *Cell Research*, 25 (5), 638- 641.
- Ma, H., Marti-Gutierrez, N., Park, S.W., Wu, J., Lee, Y., Suzuki, K., Koski, A., Ji, D., Hayama, T., Ahmed, R., Darby, H., Van Dyken, C., Li, Y., Kang, E., Park, A.R., Kim, D., Kim, S.T., Gong, J., Gu, Y., Xu, X., Battaglia, D., Krieg, S.A., Lee, D.M., Wu, D.H., Wolf, D.P., Heitner, S.B., Belmonte, J.C.I., Amato, P., Kim, J.S., Kaul, S., Mitalipov, S. (2017). Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos. *Nature*, 548, 413–419. <https://doi.org/10.1038/nature23305>.
- Mandal, P. K., Ferreira, L. M., Collins, R., Meissner, T. B., Boutwell, C. L., Friesen, M., Vrbanac, V., Garrison, B. S., Stortchevoi, A., Bryder, D., Musunuru, K., Brand, H., Tager, A. M., Allen, T. M., Talkowski, M. E., Rossi, D. J., & Cowan, C. A. (2014). Efficient ablation of genes in human hematopoietic stem and effector cells using



- CRISPR/Cas9. *Cell stem cell*, 15(5), 643–652.
<https://doi.org/10.1016/j.stem.2014.10.004>
- Marchant, G.E. (2021) Global Governance of Human Genome Editing: What Are the Rules? *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 22, 1.
- Marchione, M. (2018). Chinese Researcher Claims First Gene-Edited Babies, Associated Press. Recuperado de <https://apnews.com/article/ap-top-news-international-news-ca-state-wire-genetic-frontiers-health-4997bb7aa36c-45449b488e19ac83e86d>.
- McNulty, M.J., Silberstein, D.Z., Kuhn, B.T., Padgett, H.S., Nandi, S., McDonald, K.A., Cross, C.E. (2021). Alpha-1 antitrypsin deficiency and recombinant protein sources with focus on plant sources: Updates, challenges and perspectives. *Free Radical Biology and Medicine*, 163, 10-30.
- Mianné, J., Codner, G.F., Caulder, A., Fell, R., Hutchison, M., King, R., Stewart, M.E., Wells, S., Teboul, L. (2017). Analysing the outcome of CRISPRaided genome editing in embryos: Screening, genotyping and quality control. *Methods*, pii: S10462023(16)302705. doi: 10.1016/j.ymeth.2017.03.016.
- Mittal, R.D. (2019). Gene Editing in Clinical Practice: Where are We? *Indian J Clin Biochem*, 34 (1), 19-25. doi: 10.1007/s12291-018-0804-4. PMID: 30728669; PMCID: PMC6346614.
- Mojica, F.J., Diez-Villasenor, C., Soria, E., Juez, G. (2000). Biological significance of a family of regularly spaced repeats in the genomes of Archaea, Bacteria and mitochondria. *Mol. Microbiol.*, 36, 244–246.



- Montoliu, L. (2020). Editando Genes: recorta, pega y colorea: Las maravillosas herramientas CRISPR. Next Door Publishers. Pamplona, p. 377.
- Moya, G. (2014). Problemática ético morales vinculadas a las técnicas de fertilización asistida [en línea]. *Vida y Ética*, 15 (1), 139-151. Recuperado de <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/1477>.
- Moya, G. (2020). El determinismo genético. *Comunio -Naturaleza-*, 27 (3), 46-55.
- Mudford, M. (2020). Genome editing. SCAAC Human Fertilisation and Embryology Authority. Recuperado de <https://www.hfea.gov.uk/media/3315/scaac-genome-editing-october-2020.pdf>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2015). *International Summit on Human Gene Editing: A Global Discussion*. Washington, DC: The National Academies Press. Recuperado de <https://doi.org/10.17226/21913>.
- National Academy of Sciences (2020). *Heritable Human Genome Editing*. Washington, DC: The National Academies Press. Recuperado de <https://doi.org/10.17226/25665>. <https://www.nap.edu/download/25665>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). (2018). *Human Genome Initiative, Second International Summit on Human Genome Editing: Continuing the Global Discussion: Proceedings of a Workshop—in Brief*. Recuperado de <http://nationalacademies.org/genome-editing/index.htm/>.
- Netflix. Recuperado de <https://www.netflix.com/ar-en/title/80208910>.



- Niu, Y., Shen, B., Cui, Y., Chen, Y., Wang, J., Wang, L., Kang, Y., Zhao, X., Si, W., Li, W., Xiang, A.P., Zhou, J., Guo, X., Bi, Y., Si, C., Hu, B., Dong, G., Wang, H., Zhou, Z., Li, T., Tan, T., Pu, X., Wang, F., Ji, S., Zhou, Q., Huang, X., Ji, W., Sha, J. (2014). Generation of gene-modified cynomolgus monkey via Cas9/RNA-mediated gene targeting in one-cell embryos. *Cell*, 156,(4), 836–843.
- Fogarty, N., McCarthy, A., Snijders, K. E., Powell, B. E., Kubikova, N., Blakeley, P., Lea, R., Elder, K., Wamaitha, S. E., Kim, D., Maciulyte, V., Kleinjung, J., Kim, J. S., Wells, D., Vallier, L., Berteiro, A., Turner, J., & Niakan, K. K. (2017). Genome editing reveals a role for OCT4 in human embryogenesis. *Nature*, 550(7674), 67–73. <https://doi.org/10.1038/nature24033>.
- Nuffield Council on Bioethics. *Genome Editing and Human Reproduction: Social and Ethical Issues*. London, England: Nuffield Council on Bioethics; 2018. Recuperado de <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Genome-editing-and-human-reproduction-FINAL-website.pdf>.
- On Human Genome Editing II: Statement by the Organizing Committee of the Second International Summit on Human Genome Editing (Nov 29, 2018). Recuperado de <http://www8.nationalacademies.org/onpinews/newsitem.aspx?RecordID=11282018b&ga=2.241822785.21631665.1543473766-946872498.1543313092/>.



- Organización Mundial de la Salud. Comité Asesor de Expertos en el Desarrollo de Estándares Globales para la Gobernanza y Supervisión de la Edición del Genoma Humano. Recuperado de <https://www.who.int/es/news/item/19-03-2019-who-expert-panel-paves-way-for-strong-international-governance-on-human-genome-editing>.
- Pellegrino, E. (2004) Biotechnology, Human Enhancement, and the Ends of Medicine. *Dignity*, 10 (4), 4-5. Recuperado de https://cbhd.org/sites/default/files/premium_content/Dignity_V10_N4_Winter_2004_Pellegrino.pdf.
- Pera, M.F. (2017). Human embryo research and the 14-day rule. *Development*, 144, 1923-1925; doi: 10.1242/dev.151191.
- Pereira Daoud, A.M., Popovic, M., Dondorp, W.J., Trani Bustos, M., Bredenoord, A.L., Chuva de Sousa Lopes, S.M., van den Brink, S.C., Roelen, B.A.J., de Wert, G.M.W.R., Heindryckx, B. (2020). Modelling human embryogenesis: embryo-like structures spark ethical and policy debate. *Hum Reprod Update*, 26 (6), 779-798.
- Plaza Reyes, A., Lanner, F (2017). Towards a CRISPR view of early human development: applications, limitations and ethical concerns of genome editing in human embryos. *Development*, 144, 3-7.
- Powell, R., Buchanan, A. (2011) Breaking evolution's chains: the promise of enhancement by design. In Savulescu J, ter Meulen R, Kahane G (eds). *Enhancing Human Capacities*. Ed. Wiley Chichester, United Kingdom.



- Raaijmakers, R.H.L., Ripken, L., Ausems, C.R.M., Wansink, D.G. (2019). CRISPR/Cas Applications in Myotonic Dystrophy: Expanding Opportunities. *Int J Mol Sci*, 20 (15), 3689. doi: 10.3390/ijms20153689. PMID: 31357652; PMCID: PMC6696057.
- Ran, F. A., Hsu, P. D., Wright, J., Agarwala, V., Scott, D. A., & Zhang, F. (2013). Genome engineering using the CRISPR-Cas9 system. *Nature protocols*, 8(11), 2281–2308. <https://doi.org/10.1038/nprot.2013.143>.
- Reardon, S. (2015). Global summit reveals divergent views on human gene editing. *Nature* 2015; 528:173.
- Song, Y., Lai, L., Li, Z. (2017). Large-scale genomic deletions mediated by CRISPR/Cas9 System. *Oncotarget*, 8 (4), 564- 567.
- Renouf, B., Piganeau, M., Ghezraoui, H., Jasin, M., Brunet, E. (2014). Creating cancer translocations in human cells using Cas9 DSBs and nCas9 paired nicks. *Methods Enzymol*, 546, 251-71.
- Richards, T. (2000). Stem cell research. The Uk government should sanction carefully regulated research. *BMJ*, 9, 321(7274):1427-8. doi: 10.1136/bmj.321.7274.1427. PMID: 11110722; PMCID: PMC1119156.
- Rulli, T. (2014). Preferring a genetically-related child. *Journal of Moral Philosophy*, 13 (6), 669–698.
- Rüther, M., Heinrichs, JH. (2019). Human Enhancement: Deontological Arguments. *ZEMO*, 2, 161–178. <https://doi.org/10.1007/s42048-019-00036-5>.
- Safari, F., Hatam, G., Behbahani, A.B., Rezaei, V., Barekati-Mowahed, M., Petramfar, P., Khademi,



- F. (2020). CRISPR System: A High-throughput Toolbox for Research and Treatment of Parkinson's Disease. *Cell Mol Neurobiol*, 40 (4), 477-493. doi: 10.1007/s10571-019-00761-w. PMID: 31773362.
- Salsman, J., Dellaire, G. (2017). Precision genome editing in the CRISPR era. *Biochem Cell Biol*, 95 (2), 187-201.
- Santaló, J., Casado, M. (coords.) (2016). Documento sobre bioética y edición genómica en humanos. Edicions de la Universitat de Barcelona. Barcelona. ISBN 978-84-475-4063-1
- Savulescu, J. (2001). Procreative beneficence: why we should select the best children. *Bioethics*, 15, 413-26.
- Savulescu, J. (2007). In defence of Procreative Beneficence. *J Med Ethics*, 33, 284-8.
- Schenkwein, D., Ylä-Herttua, S. (2018). Gene Editing of Human Embryos with CRISPR/Cas9: Great Promise Coupled with Important Caveats. *Mol Ther*, 26 (3), 659-660. doi: 10.1016/j.ymthe.2018.02.007. Epub 2018 Feb 22. PMID: 29477495; PMCID: PMC5911640.
- Scgreccia, E. (2009). Manual de bioética I. Fundamentos y ética biomédica. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos.
- Shulman, C., Bostrom, N. (2004). Embryo Selection for Cognitive Enhancement: Curiosity or Game-changer? *Global Policy*, 5 (1), 85-92.
- Smalley, E. (2018). As CRISPR-Cas adoption soars, summit calls for genome editing oversight. *Nature Biotechnology*, 36 (6), 485.



- Smith, K. (2019). Time to start intervening in the human germline? A utilitarian perspective. *Bioethics*, 34 (1), 90-104. doi: 10.1111/bioe.12691. Epub 2019 Nov 15. PMID: 31730239.
- Song, M. (2017). The CRISPR/Cas9 system: Their delivery, in vivo and ex vivo applications and clinical development by startups. *Biotechnol Progress*, 33, 1035-1045. <https://doi.org/10.1002/btpr.2484>.
- Szocik, K. (2020). Is Human Enhancement in Space a Moral Duty? Missions to Mars, Advanced AI and Genome Editing in Space *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 29, 122–130.
- The Nobel Prize in Chemistry 2020. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2021. Recuperado de <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/summary/>.
- Tobita, T., Guzman-Lepe, J., Collin de l'Hortet, A.(2015). From hacking the human genome to editing organs. *Organogenesis*, 11, 173–182.
- Torres-Ruiz, R., Rodriguez-Perales, S. (2017). CRISPR-Cas9 technology: applications and human disease modelling. *Briefings in Functional Genomics*, 16 (1), 4–12.
- UNESCO Declaración Universal de Derechos Humanos. Asamblea General de las Naciones Unidas. (1948). Recuperado de http://www.infoleg.gob.ar/?page_id=1003.
- UNESCO. Declaración Universal del Genoma Humano y los Derechos Humanos. (1997). Recuperado de <https://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/HumanGenomeAndHumanRights.aspx#:~:text=Toda%20persona%20tendr%>



C3%A1%20derecho%2C%20de,una%20inter-
venci%C3%B3n%20en%20su%20genoma.

- United Kingdom. Department of Health. Chief Medical Officer's Office. Expert Group Reviewing the Potential of Developments in Stem Cell Research and Cell Nuclear Replacement to Benefit Human Health. London: Department of Health (2000). Recuperado de <http://www.doh.gov.uk/cegc/stemcellreport.htm>.
- U. S. National Library of Medicine. ClinicalTrials.gov. Recuperado de <https://clinicaltrials.gov/ct2/results?recrs=&cond=crispr+cas&term=&cntry=&state=&city=&dist=>.
- Vásquez Del Aguila, J.W., Postigo, Solana E. (2015). Transhumanismo, neuroética y persona humana. *Rev Bioét*, 23 (3), 505-12. <https://dx.doi.org/10.1590/1983-80422015233087>.
- Wu, H.Y., Cao, C.Y. (2019). The application of CRISPR-Cas9 genome editing tool in cancer immunotherapy. *Brief Funct Genomics*, 18 (2), 129-132. doi: 10.1093/bfgp/ely011. PMID: 29579146.
- Xiao, Q., Guo, D., Chen, S. (2019). Application of CRISPR/Cas9-Based Gene Editing in HIV-1/AIDS Therapy. *Front Cell Infect Microbiol*, 9, 69. doi: 10.3389/fcimb.2019.00069. PMID: 30968001; PMCID: PMC6439341.
- Zhang, Y., Li, H., Min, Y.L., Sanchez-Ortiz, E., Huang, J., Mireault, A.A., Shelton, J.M., Kim, J., Mammen, P.P.A., Bassel-Duby, R., Olson, E.N. (2020). Enhanced CRISPR-Cas9 correction of Duchenne muscular dystrophy in mice by a self-complementary AAV delivery system. *Sci Adv*, 6 (8), eaay6812. doi: 10.1126/sciadv.aay6812. PMID: 32128412; PMCID: PMC7030925.

