

Gene drives en seres humanos: tareas para la filosofía del derecho

Gene drives in human beings: tasks for the philosophy of law

Por MANUEL JESÚS LÓPEZ BARONI

Profesor titular de Filosofía del Derecho.

Universidad Pablo de Olavide

mjlopbar1@upo.es

RESUMEN

Los gene drives disocian el problema de la edición genómica en dos, la modificación introducida y la velocidad a la que esta se expande. Como mecanismo de intervención en los seres vivos se asocia a expresiones como «herencia Supermendeliana» o incluso «Lamarckista». Sin embargo, estos sintagmas no muestran realmente el salto cualitativo que supone esta forma de intervención en la naturaleza. En los primeros años, la preocupación se centró en qué sucedería en los ecosistemas si se aplicaban a insectos o incluso a mamíferos. Sin embargo, el núcleo de nuestro trabajo es una reciente reflexión sobre en qué medida podrían verse afectados los seres humanos en sí mismos. Seguidamente estudiaremos qué tareas o retos hemos de asumir en la filosofía del derecho para enfrentarnos a este tipo de tecnologías, en concreto, la necesidad de redefinir la eugenesia, hallar un patrón que supere la dicotomía actualmente existente para regular las tecnologías disruptivas y, por último, estudiar de forma específica el impacto de estos avances tecnológicos en las mujeres.

Palabras clave: tecnologías disruptivas, gene drives, edición genómica, biología sintética, eugenesia, ecosistemas, género.

ABSTRACT

Gene drives divide the problem of genome editing into two parts: the modification introduced and the speed at which it spreads. As a mechanism of intervention in living organisms, it is associated with terms such as «super-mendelian inheritance» or even «Lamarckian». However, these syntagms do not really show the qualitative leap that this form of intervention in nature represents. In the early years, the focus was on what would happen to ecosystems if they were applied to insects or even mammals. The core of our work, however, is a recent reflection on the extent to which human beings themselves might be affected. We will then consider what tasks or challenges we need to take up in the philosophy of law to deal with such technologies, namely the need to redefine eugenics, to find a pattern that overcomes the current dichotomy in the regulation of disruptive technologies, and finally to look specifically at the impact of these techno-scientific developments on women.

Key words: Disruptive technologies, gene drives, genomic editing, synthetic biology, eugenics, ecosystems, gender.

SUMARIO: I. INTRODUCCIÓN.—II. *GENE DRIVES* COMO IMPULSORES DE LA TÉCNICA DE EDICIÓN GENÓMICA CRISPR.—III. INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO IMPULSORA DE LA BIOTECNOLOGÍA.—IV. TAREAS PARA LA FILOSOFÍA DEL DERECHO.—V. CONCLUSIONES.

SUMMARY: I. INTRODUCTION. —II. *GENE DRIVES* AS DRIVERS OF THE CRISPR GENOME EDITING TECHNIQUE.—III. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A DRIVER OF BIOTECHNOLOGY.—IV. TASKS FOR THE PHILOSOPHY OF LAW.—V. CONCLUSIONS.

I. INTRODUCCIÓN¹

Al objeto de poder contextualizar adecuadamente el objeto de estudio en este artículo, partiremos de cinco hechos incontrovertidos, en sentido positivo, y cuatro en sentido negativo.

Los hechos indubitados en sentido positivo son: *a)* podemos romper las barreras entre especies muy alejadas evolutivamente entre sí, insertando material biológico, incluido el nuestro, de una especie en otra; *b)* sabemos cómo editar la dotación genética de un ser vivo,

¹ Este artículo forma parte del proyecto de investigación denominado «Cuestiones bioéticas no resueltas en la evaluación de la investigación e innovación en salud basadas en sistemas de inteligencia artificial, tecnologías genéticas y datos personales» (BIOEVAINNOLAW), del Ministerio de Ciencia, cuya IP es Itziar de Lecuona.

también la humana, introduciendo o evitando características *ad hoc*; c) creamos algoritmos capaces de hallar patrones en sistemas y subsistemas donde nosotros no observamos nada, lo que incluye la interrelación entre los aminoácidos, las proteínas y los genes, aun cuando no nos resulte comprensible cómo logran encontrar las correlaciones (v. gr., problema de la Caja Negra). Esta característica dota de una inmensa capacidad predictiva, que no explicativa, a la IA; d) las tecnologías disruptivas impactan con firme determinación en las mujeres, aun cuando, salvo quizá la Inteligencia Artificial, apenas sean objeto de estudio desde esta perspectiva; e) la normativa que trata de regular las tecnologías disruptivas sigue uno de estos dos parámetros: centrarse en una tecnología en concreto u optar por el resultado final, con total independencia de cómo se produzca. En el ínterin, apostar por el principio de precaución o por el mercado, en un contexto geopolítico internacional cada vez más complejo.

Los hechos indubitados en sentido negativo son: a) no sabemos cómo replicar el proceso que condujo a la vida, esto es, no conseguimos que *algo* completamente inerte cobre autonomía en un sentido biológico. Por ello, se puede sostener que la biología sintética ocupa un lugar similar al de la astrobiología, dado que su objeto principal de estudio *aún* no ha sido empíricamente verificado (tampoco sabemos por cuánto tiempo, ni si el problema es únicamente ese); b) no comprendemos la consciencia humana, de ahí que tratemos de replicarla en formato sintético (orgánulos cerebrales o mini-cerebros), algorítmico (Inteligencia Artificial) o incluso en cerebros de animales, con resultados también nulos o casi nulos (tampoco sabemos por cuánto tiempo, ni si se trata de otro límite también insuperable); c) al día de hoy, no hemos creado una quimera ni un híbrido en sentido estricto, esto es, un ser vivo cuya dotación genética sea una mezcla sustancial entre material biológico humano y animal, aun cuando ya coexistimos con animales con un incipiente material biológico nuestro; d) no sabemos en qué medida las tecnologías disruptivas ponen en riesgo nuestra civilización, o la vida misma, esto es, no podemos concretar si estamos ante un producto de nuestra febril imaginación o realmente pueden provocar un hiato en la historia del planeta. El dato objetivo es que algunas prestigiosas universidades han creado institutos interdisciplinarios dedicados a estudiar única y exclusivamente el riesgo existencial, mientras que, por ejemplo, en filosofía del derecho carecemos de reflexión alguna sobre esta temática, probablemente por parecer-nos fantástica o irrelevante. En esta nebulosa donde nos movemos, y salvo para cuestiones muy específicas u obvias (v. gr. viajar más rápido que la velocidad que la luz, atravesar paredes, etc.), cada vez nos resulta más difícil deslindar la ciencia ficción de la realidad. Por ello, ignoramos si algunas propuestas u objetivos son realmente insolubles, o si solo es cuestión de esperar; si la barrera natural es infranqueable, o si tan solo estamos ante un mero problema de desfase tecnológico; y

si perderemos completamente el control al traspasar ciertos límites o nos adaptaremos colectivamente, como hemos hecho hasta ahora².

En este contexto tecnocientífico hemos de situar las reflexiones propias de la filosofía del derecho, esto es, básicamente: *a*) tratar de predecir el impacto social, ético y político en nuestras sociedades de los dilemas inherentes a estos avances; *b*) tratar de adaptar el ordenamiento jurídico para encauzar adecuadamente este aluvión de eventos, entes inexistentes en la naturaleza o incluso a medio camino entre lo vivo y lo inerte, predicciones asombrosas, promesas mediáticas y temores atávicos, con los que no hubo que lidiar, y ni tan siquiera imaginar, en el pasado.

Estas reflexiones sirven de pórtico para explicar por qué ha de interesarnos algo en principio tan alejado de nuestros intereses intelectuales como los mosquitos.

En efecto, hace menos de una década los investigadores se dieron cuenta de que modificando unas cuantas hembras podrían extinguir colonias formadas por millones de mosquitos. Algunas especies transmiten el dengue, el zika, la malaria, etc., por lo que se salvarían millones de vidas, de ahí el interés. Sin embargo, el motivo por el que estimo necesaria una reflexión, más allá de cómo este tipo de intervenciones en la naturaleza puede afectar a los ecosistemas (tema desde luego no irrelevante), es la publicación hace tan solo unos meses de un artículo donde se mostraba detalladamente cuál sería el impacto si esta misma técnica se empleara con los seres humanos³. Por ello, una vez examinada la situación, sin sensacionalismos, pero sin eludir la crudeza de las advertencias que se nos están haciendo, mostraré cómo la interacción entre la técnica de edición genómica CRISPR, los *gene drives* y la Inteligencia Artificial nos sitúan en estos momentos en los umbrales de un futuro inmediato incierto. Por último, propondré algunas tareas a las que estimo que hemos de enfrentarnos como colectivo, todo ello en aras de contribuir a evitar que estas tecnologías se escapen a nuestro control.

² Todas estas cuestiones han sido ya objeto de publicación por mi parte, de ahí que quien quiera informarse o profundizar puede leer los artículos más recientes en Dialnet, así como la bibliografía científica que los acompaña. En cuanto a la expresión «tecnologías disruptivas», existe cierto consenso en que se refiere a la biología sintética, la nanotecnología, las neurotecnologías, la Inteligencia Artificial y la biotecnología. Juntas, encabezan la cuarta revolución industrial, donde nos encontramos en estos momentos (la expresión «tecnologías moralmente disruptivas» se atribuye a Baker, en 2013, aunque el sentido que le atribuyó es diferente). Esta cuestión también ha sido objeto de estudio en dichos artículos. Por último, otro problema interesante, pero que he tratado en otro sitio y por ello ni siquiera mencionaré, es si resulta necesario crear una cuarta generación de derechos humanos para afrontar los desafíos de la presente revolución tecnocientífica, o por el contrario podemos asumir los retos con las tres que ya conocemos.

³ CUTTER, Asher D., «Guerrilla eugenics: gene drives in heritable human genome editing», *J Med Ethics*, Jul. 4, 2023, pp. 1-9.

II. *GENE DRIVES* COMO IMPULSORES DE LA TÉCNICA DE EDICIÓN GENÓMICA CRISPR

Los *gene drives* (genes impulsores) representan un caso extremo de modificación de los seres vivos⁴. Dado su corto recorrido, no más de una década, apenas ha podido ser objeto de análisis en las ciencias sociales o en las humanidades. Además, en cierta medida su relevancia ha quedado difuminada por la técnica de edición genómica CRISPR, más mediática, aun cuando obviamente ambas estén interrelacionadas. La sutileza de la explicación de cómo operan los *gene drives* dificulta también una cabal comprensión de su significado para el lego en la materia⁵. Estas características afectan tanto a la regulación, ausente hasta niveles temerarios, como a una reflexión de naturaleza iustfilosófica acerca de cuáles son las implicaciones de contar con un instrumento tan potente de transformación global e irreversible de los seres vivos, aun cuando su utilización haya sido por ahora limitada.

El objeto originario de los *gene drives* lo constituía tan solo algunas especies de insectos. Lógicamente, la atención pública fue en su momento limitada, por cuanto ni siquiera los animalistas se pudieron sentir concernidos por la potencial eliminación de los mosquitos que transmiten la malaria, el zika o el dengue⁶. Sin embargo, pronto se comprendió que también podría emplearse para eliminar plagas de

⁴ En la comunidad científica se advierte de la existencia de «gene drives» tanto sintéticos como naturales, así como del amplio elenco de intervenciones que podrían caer bajo esta expresión (véase el trabajo de James *et al.* que citamos en este mismo numeral). En nuestro artículo, con la expresión «gene drives» nos referiremos a las posibilidades abiertas con la técnica de edición genómica CRISPR. Frente a otras posibles traducciones (v. gr., genes conductores, genética dirigida) optamos por la expresión «genes impulsores» por recoger más adecuadamente la diferencia entre esta forma de intervención en el genoma y otras. Sobre los diferentes tipos de *gene drives*, véase JAMES, Stephanie *et al.*, «A gene drive is a gene drive: the debate over lumping or splitting definitions», *Nat Commun*, 29;14(1), 1749, Mar 2023, pp. 1-3.

⁵ De forma parecida a como sucede con los Organismos Modificados Genéticamente, la expresión «*gene drive*» se emplea para *naturalizar* o *normalizar* la utilización de este instrumento de biología sintética inexistente en la naturaleza. Véase, al respecto, este informe y compárese con el artículo que citamos en el numeral anterior: «Nos preocupa que esta confusión en el lenguaje contribuye a hacer que los impulsores genéticos modificados parezcan “naturales” para sugerir seguridad y familiaridad, cuando la verdad es lo contrario. (...) Así, una serie de mecanismos o elementos genéticos que ocurren en la naturaleza han sido denominados «impulsores genéticos» *retroactivamente*.» WELLS, Mark; STEINBRECHER, Ricarda; DRESSSEL, Holly (ed.) *Impulsores genéticos modificados*, Critical Scientists Switzerland (CSS), European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility (ENSSER), Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW/FGS), 2021. En <https://genedrives.ch/new-publications/>. Última visita, abril de 2024.

⁶ Como gráficamente comentaba un entomólogo, J. Fan, a un ecosistema sin mosquitos solo le entraría «un poco de hipo y después seguiría con su vida normal», en DOUDNA, Jennifer; STERNBERG, Samuel, *Una grieta en la creación. CRISPR, la edición génica y el increíble poder de controlar la evolución*, trad. de James Hombría y María José Sánchez, Alianza Editorial, 2020, p. 214.

mamíferos (v. gr., en Nueva Zelanda). La preocupación por los efectos medioambientales de la súbita eliminación de algunas especies se unió a una cierta alarma por la posibilidad de que las modificaciones saltaran a otras especies, generando un verdadero cataclismo en los ecosistemas a escala planetaria⁷. Sin embargo, la pregunta clave, formulada al principio con cierta timidez y producto del lógico desconocimiento, generaba un zumbido no menos turbador que el de los mosquitos: ¿se puede emplear esta tecnología en seres humanos?

La respuesta corta siempre fue una sonrisa displicente y conmisericordiosa, producto de una mezcla de soberbia y suficiencia propia de quien cree controlar todas las variables. La respuesta larga incluía una explicación técnica: para que la modificación surta efecto en un plazo razonable, los *gene drives* solo se pueden emplear en especies cuya tasa de reproducción sea inusualmente alta (v. gr. mosquitos, conejos, etc.), lo que permitía en cierta medida despreocuparnos. De hecho, el mantra repetido a lo largo de los últimos años era justo ese: con una esperanza media de vida de ochenta años, al menos en los países occidentales, resultaba absurdo plantearse que este tipo de intervención en el genoma pudiera afectarnos directamente como comunidad biológicamente considerada.

Pues bien, la reciente publicación de un artículo en el que se explica de forma bastante detallada cómo, en efecto, los *gene drives* podrían emplearse en seres humanos y extenderse el cambio, modificación, mejora o lo que sea, a toda la población terráquea en un corto periodo de tiempo, nos obliga al menos a un debate público sobre la naturaleza, límites, efectos y regulación de una técnica tan disruptiva.⁸ Posiblemente quede en un mero ejercicio teórico, como sucedió en su día con la clonación⁹, pero quizá sea mejor eso que dejar que nuestros

⁷ Se ha informado recientemente del éxito de la eliminación de mosquitos mediante la inserción de una bacteria, *Wolbachia*, en mosquitos transmisores del dengue. No se elimina la especie sino que se la sustituye. Si se generaliza, parece que la cuestión de los *gene drives* en mosquitos quedaría como un debate desfasado. Véase SAMPEDRO, Javier, «La invasión de los mosquitos modificados», *El País*. 13/04/2024. <https://elpais.com/opinion/2024-04-13/la-invasion-de-los-mosquitos-modificados.html>. Última visita, abril de 2024. Sobre los riesgos, tampoco nulos, véase REDFORD, Kent; BROOKS, Thomas; MACFARLANE, Nicholas; ADAMS, Jonathan, *Fronteras Genéticas para la Conservación*, UICN. 2019, p. 82.

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2019-012-Es.pdf>. Última visita, abril de 2024.

⁸ El autor pertenece al Departamento de Ecología y Biología Evolutiva de la Universidad de Toronto, y el artículo fue financiado por el Consejo de Investigación de Ciencias Naturales e Ingeniería de Canadá.

⁹ En realidad, el tema de la clonación es más complejo. No es que haya quedado desfasado (en su día la desmesurada atención pública forzó la creación de un protocolo al Convenio de Oviedo al año siguiente de su publicación), sino que en cierta forma ha sido superado. En efecto, en aquella época no se podía intervenir o modificar la dotación genética de un ser vivo con la suficiente precisión, de ahí que lo más llamativo fuese la posible «repetición» de seres humanos. Pero ese problema, sin desaparecer (actualmente se clona una cantidad indeterminada de mamíferos, sin que cuestio-

descendientes se planteen cómo no lo vimos venir. En cualquier caso, debemos reflexionar sobre hacia dónde vamos y cuáles son las líneas rojas en este recién iniciado proceso de modificación a gran escala de los seres vivos, incluidos nosotros.

Por otra parte, la imbricación y retroalimentación entre la Inteligencia Artificial y la biotecnología permite acelerar, no ya la modificación de los seres vivos, sino la revelación (del latín, *revelare*, y a su vez del indoeuropeo *weg*, en suma, «des-tejer una tela de araña»¹⁰) de dónde, cuándo y cómo esta intervención puede ser más eficaz, rápida o certera (parafraseando esotéricamente a María Moliner, la IA se iguala a Dios al *revelarnos* «cosas cuyo conocimiento no pueden estos adquirir por sí mismos»¹¹). *Alphafold*, la Inteligencia Artificial de Google, permite predecir la estructura tridimensional de las proteínas, y por ende, su función, a una escala sobrehumana (doscientos millones de estructuras en dos años, frente a las cien mil predichas por los seres humanos a lo largo de varias décadas). Para un lego en la materia, lógicamente estos datos no impresionan¹². La ausencia de una normativa internacional que regule esta materia es consecuencia de este desconocimiento¹³. Ni siquiera la UNESCO se ha pronunciado todavía. Sin embargo, los científicos no paran de advertirnos de los crecientes riesgos de estas interacciones¹⁴.

Pues bien, si combinamos el poder predictivo de la IA con la tecnología biológica que permite intervenir en la dotación genética de los seres vivos, incluidos nosotros, solo podemos esperar lo inimaginable.

nemos la legitimidad moral de esta forma de reproducción ni su potencial efecto desde el punto de vista evolutivo en las especies clonadas), ha sido sobrepasado por otro mucho más peligroso: la modificación de la línea germinal de los seres humanos. El lema sería: para qué queremos *repetir* a Hitler si podemos *mejorar* su maldad.

¹⁰ Véase <https://etimologias.dechile.net/>.

¹¹ El tenor literal sobre la voz «Revelar» dice lo siguiente: «comunicar “Dios a los hombres” cosas cuyo conocimiento no pueden estos adquirir por sí mismos» MOLINER, María; *Diccionario de uso del español*, Gredos, p. 956.

¹² Nos remitimos a otros trabajos donde hemos explicado qué supone este monopolio del denominado *secreto de la vida*.

¹³ «Si bien este avance podría acelerar significativamente el descubrimiento de fármacos, existe una preocupación ética sobre la propiedad y el control de una tecnología de IA que podría ser fundamental para el desarrollo de fármacos, ya que eventualmente podría estar disponible para investigadores gubernamentales, sin fines de lucro, académicos y de PBI y PIM solo bajo términos y condiciones comerciales que limiten su difusión y uso», World Health Organization, *Regulatory considerations on artificial intelligence for health*, 2023, p. 13. <https://iris.who.int/handle/10665/373421>, Última visita, abril de 2024.

¹⁴ «Más de 160 científicos de todo el mundo han firmado una iniciativa para que el diseño de proteínas con herramientas de aprendizaje profundo, una revolución sin igual en el campo de la biología, no pueda ser utilizado con fines malévolos. Los investigadores (...) explican a ABC por qué es necesario controlar esta tecnología y cuáles son sus auténticos riesgos». DE JORGE, Judith, «¿Y si la próxima pandemia la genera una Inteligencia Artificial?» ABC, 12/04/2024. En <https://www.abc.es/ciencia/proxima-pandemia-genera-inteligencia-artificial-20240410133707-nt.html>. Última visita, abril de 2024.

Por supuesto, tiene unos efectos benefactores irrenunciables para los seres humanos. La reciente aprobación de terapias CRISPR para la anemia de células falciformes y la beta talasemia permite augurar que en poco tiempo vendrán más. Pero este tipo de intervenciones no se transmite a la descendencia, esto es, la modificación de la dotación genética de las personas enfermas no afecta a sus espermatozoides u óvulos, según el caso, con lo que no se introduce en el acervo genético humano, es decir, en nuestra especie, ningún cambio. Por decirlo de otra forma, nuestra descendencia sigue respondiendo a patrones mendelianos no afectados por decisiones culturalmente tomadas.

De forma análoga, quizá el exterminio de determinadas especies de mosquitos empleando los *gene drives* pueda ser beneficiosa para los seres humanos, similar a la desecación de los pantanos en su día. Por decirlo de otra manera, irrelevante desde el punto de vista de los ecosistemas¹⁵. Pero el caso «mosquito» muestra que nuestra forma de organización política internacional, así como la normativa que la vertebraba, se revela insuficiente para el calado de este tipo de intervenciones en la Naturaleza.

En 2018, como es de sobra conocido, un investigador chino modificó tres embriones con la técnica de edición genómica CRISPR con la intención de que fuesen inmunes al SIDA. Se desconoce cuál es el estado de salud de las dos niñas que nacieron como consecuencia de este experimento, así como el grado de eficiencia de su intervención, en un contexto de gran expectación mundial por el inmoral experimento. La comunidad científica no se ha posicionado radicalmente en contra de esta intervención. En esencia, estiman que estamos ante una intervención prematura (no se efectuaron experimentos previos) y que se ha puesto en grave riesgo la salud futura de las dos menores.

A los efectos de la temática que estamos examinando, nos interesa efectuar la siguiente comparación:

1. En puridad, la descendencia de estas dos niñas heredará la inmunidad al SIDA (caso de que, en efecto, la modificación haya sido eficaz). De esta forma, quien se cruce con su descendencia (procrea) heredará la mutación siguiendo patrones naturales, esto es, mendelianos.

Según el cálculo que han hecho en el citado artículo¹⁶, si una intervención en el genoma fuese neutral (no favorece ni perjudica a quien la posee), se tardarían millones de años en extenderse por una población humana como la actual. Pero si fuese beneficiosa (cita el ejemplo de la

¹⁵ Sobre las dudas que despierta en un país especialmente afectado por este tipo de transmisores de enfermedades, véase HARTLEY, Sarah *et al.* «Ugandan stakeholder hopes and concerns about gene drive mosquitoes for malaria control: new directions for gene drive risk governance», *Malar J*, Mar 16; 20(1), 149, 2021.

¹⁶ CUTTER, Asher D., «Guerrilla eugenics», *cit.*

lactosa), el lapso de extensión se reduciría a pocos miles de años. Las niñas nacidas serían un ejemplo (discutible¹⁷) de este segundo caso.

Esto es, CRISPR se puede emplear para curar enfermedades, prevenir enfermedades (como una especie de vacuna génica), o *mejorar* a la especie humana (incluida la posibilidad de introducir genes de otras especies en el genoma humano). Sin duda, esta técnica divide la historia de la humanidad en dos, en el sentido de que hasta ahora la dotación genética de nuestra descendencia era una mezcla entre herencia (50% del genoma de cada progenitor) y azar (mutaciones aleatorias). Ahora disponemos del instrumento para poder elegir culturalmente la dotación genética de nuestra descendencia¹⁸, en un arco de posibilidades que abarca desde la curación de enfermedades hasta las posibilidades más extravagantes, incluidas las meramente estéticas o experimentales.

Sin embargo, al menos *a priori*, la especie en su conjunto no puede verse afectada porque el ritmo de propagación de este tipo de intervenciones sigue respondiendo a patrones mendelianos. La extensión de este tipo de modificaciones sería tan lenta (a no ser que un Estado totalitario ponga su industria al servicio de este tipo de experimentos, interviniendo en millones de embriones, algo técnicamente improbable y/o inviable), que podemos ceñirnos a las implicaciones desde un punto de vista individual.

2. Los *gene drives* añaden un mayor dramatismo a la modificación genética, dado que al debate sobre qué modificar añade la cuestión de la celeridad con que dicha intervención se extiende por una especie.

En efecto, el caso de China sigue un patrón regular, esto es, mendeliano, como hemos comentado. Sin embargo, los *gene drives* rompen las reglas de la herencia que nos rigen, de forma que la modificación se transmite de forma «supermendeliana». La expresión no es afortunada, dado que parece que es un reforzamiento o añadido a algo que ya sucede de forma natural. Nada más lejos de la realidad, como explica Jennifer Kann, «biólogicamente, eso no debería ser posible»¹⁹. Esto es,

¹⁷ Los científicos discuten sobre las implicaciones de esta intervención en la salud de las menores: a) puede que la modificación no sea suficientemente eficaz, y en efecto, no sean inmunes al SIDA; b) puede que la modificación sea exitosa y, como se deseaba, sean inmunes al SIDA, por lo que en principio sería beneficiosa; c) el gen modificado protege a los seres humanos de otras enfermedades, por lo que estas menores están más desprotegidas que el resto, con independencia de si son o no inmunes al SIDA. Por ello, no se puede saber a priori si es una mutación beneficiosa, y por ende, se diseminará por la población conforme a un patrón mendeliano, o por el contrario es perjudicial y desaparecerá del acervo genético humano. Estas mismas reflexiones pueden extenderse a otras hipotéticas intervenciones en el genoma humano.

¹⁸ Véase, en este sentido, un estudio comparativo internacional en LECUONA, Itziar *et al.*, «Gene Editing in Humans: Towards a Global and Inclusive Debate for Responsible Research», *Yale Journal of Biology and Medicine*, 2017, pp. 673-681.

¹⁹ KANN, Jennifer «Gene editing can now change an entire species», TED 2016, minuto 5,10». https://www.ted.com/talks/jennifer_kahn_gene_editing_can_now_change_an_entire_species_forever. Última visita, abril de 2024.

evolutivamente no parece viable (un único cambio se transmite a toda la descendencia de la especie, sea o no ventajoso), dado que podría desestabilizar fácilmente a una especie si la mutación es perjudicial. De hecho, el objetivo primario es exterminar grupos de seres vivos que nos resultan perjudiciales por ser exóticos o vectores de enfermedades. La expresión «gene drives» es demasiado técnica para la completa comprensión de las implicaciones que conlleva, mientras que el sintagma «herencia supermendeliana» transmite la errónea idea de que estamos ante un simple reforzamiento de algo que ya sucede de forma natural²⁰ (v. gr., si se modifica un embrión humano para que nazca con tres orejas, nadie diría que se ha mejorado su capacidad auditiva, sino que es algo *contra natura*). En esencia, estamos ante una forma de intervención artificial en el mecanismo hereditario natural de los seres humanos.

Por ello, debemos distinguir un doble problema: *a)* la modificación en sí misma (qué tipo de rasgo o característica se introduce, que puede ser neutral, perjudicial o ventajoso, humano o no), cuestión que es objeto de debate en sí misma, dado que no es lo mismo evitar la transmisión de enfermedades monogénicas que el *enhancement* de los transhumanistas; *b)* el segundo, independiente del anterior, es la *rapidez* con que se transmite dicho cambio, dado que repercute en quienes no guardan relación alguna con la modificación inicial. Es como si en dos o tres generaciones pudiésemos eliminar del acervo genético humano una enfermedad concreta, en su aplicación más rousseauniana, o pudiésemos dejar estériles a todas las mujeres, en su aplicación más hobbesiana. Entre uno y otro extremo caben infinitud de posibilidades, caracterizadas todas ellas no solo por la relevancia del cambio genético, que puede incluir la introducción en la dotación genética humana de rasgos de especies de animales (al igual que en los cerdos que recién empleamos para trasplantes introducimos genes humanos), sino por la velocidad con que puede transmitirse:

Un único episodio de HHGE que introduzca un impulsor genético hará que este y su carga genética actúen de forma direccional para propagarse de forma autónoma y cambiar la composición genética, eventualmente, *de toda la población humana*. (...) (esta característica) lo hace *cualitativamente diferente* de las consecuencias de un episodio individual de HHGE sin impulsor o de la selección de embrio-

²⁰ Otra forma de verlo es emplear un término *cuasimaldito*, el lamackismo, por su reminiscencia marxista (v. gr., caso Lysenko): «El hecho de que los individuos adultos sólo transmitan un subconjunto de los alelos que ellos mismos heredaron, al haber cambiado sus genomas mediante la conversión de impulsos durante su vida, convierte la soldadura genética en un medio casi lamarckiano de cambio evolutivo no selectivo.» CUTTER, Asher D., «Synthetic gene drives as an anthropogenic evolutionary force», *Trends Genet.*, May, 39(5), 2023, pp. 347-357.

nes mediante selección preimplantacional en un evento reproductivo definido²¹. (Nota: las cursivas son mías)²².

El estudio que citamos distingue si la mutación se introduce sin «impulsores» (millones de años o miles en función de si es ventajosa o no), como ya hemos citado, o si se disemina con los *gene drives*.

En este caso, si se empleasen *impulsores* para acelerar el proceso, el cálculo se reduciría dramáticamente (según dicho estudio, la modificación de cien embriones en una población insular de 50.000 personas conllevaría que la característica introducida estaría completamente diseminada en dos siglos).

Con estos datos, resulta legítimo plantearse cuántos embriones humanos hay que modificar para que la modificación se extienda en el mínimo lapso de tiempo posible (¿una, dos generaciones?). Doudna comenta cómo si una única mosca del vinagre modificada con esta técnica se hubiese escapado del centro donde estaba contenida, en poco tiempo entre el 20% y el 50% de las moscas terráneas gozarían de la misma modificación²³. En el caso de los seres humanos, con mecanismos culturales y reproductivos sustancialmente diferentes, la pregunta no deja de ser la misma, esto es, cuánto tiempo se necesita realmente para que una mutación, ventajosa o no, se extienda sin control.

Los interrogantes no acaban ahí. Otros, que se tocan tangencialmente en el artículo, pueden resultar embarazosos. Por ejemplo, si este tipo de modificación se hubiese iniciado ya (piénsese en un país totalitario contemporáneo), ¿cómo lo sabríamos? Las dos niñas modificadas en China son indistinguibles de cualquier otra, esto es, un niño modificado genéticamente no lleva una lucecita roja en su nariz advirtiéndolo de la bomba de relojería que puede contener su dotación genética. Sabemos que no se ha hecho porque *deseamos que no se haya hecho*. El anuncio efectuado en China en 2018 sobre la modificación de los embriones respondió a las necesidades publicitarias del investigador, pero si hubiese querido, ¿quién se iba a enterar de que por primera vez en la historia humana habían nacido dos niñas modificadas genéticamente?

Parece obvio que las reglas han cambiado sustancialmente. Esto es, la humanidad cuenta con un instrumental para alterar en muy corto plazo la dotación genética de los seres vivos, incluidos nosotros. Ni siquiera lo veríamos venir. Plantearse que determinados regímenes, empresas o incluso particulares (estudiantes con conocimientos, los denominados *biohackers*) no van a probar, aunque sea por mera curio-

²¹ CUTTER, Asher D., «Guerrilla eugenics», *cit.*

²² Las siglas HHGE corresponden a la expresión *Heritable Human Gene Editing*, esto es, a las intervenciones en el genoma humano que se transmiten a la descendencia (por ejemplo, si se modifica un embrión, la descendencia futura de dicho embrión heredará dicha modificación).

²³ DOUDNA, Jennifer; STERNBERG, Samuel, *op. cit.*, p. 211.

sidad intelectual, es un acto de ingenuidad colectiva. No somos moscas que podamos ser contenidas en un laboratorio, sino seres humanos en un planeta con miles de clínicas de reproducción asistida dispersas, miles de científicos con conocimientos para emplear este tipo de tecnologías, miles (¿millones?) de parejas dispuestas a pagar un embrión *mejorado*, cuyo riesgo en la gestación se puede trasladar a un vientre de alquiler, regímenes políticos con capacidad para moldear la población conforme a un patrón ideológico, e infinidad de variables geopolíticas que justificarían intelectualmente este tipo de experimentos²⁴.

Kevin Esvelt, uno de los padres intelectuales de los *gene drives*, dirige una empresa denominada ampulosamente «Sculpting Evolution». En su página en internet anuncian que su objetivo es «Desarrollar herramientas capaces de intervenir con precisión en la evolución de los ecosistemas». Pues bien, ¿qué significa *con precisión*?; ¿es lo mismo esculpir un mármol que sustituir especies vivas?; ¿quién otorga los permisos?; ¿están estableciendo analogías con el *David* de Miguel Ángel?; ¿son (plenamente) conscientes de que el mármol es materia inerte y no se reproduce? Y, por último, ¿cuánto tiempo tardaremos en ver algún anuncio prometiendo «esculpir la evolución» de los hijos de algún colectivo, por ejemplo, una etnia, *pudientes* o cualquier otra tribu urbana? Después de todo, el salto del mármol al insecto no es menor que del mosquito al embrión humano. Y no hemos de olvidar que G. Church juega con la posibilidad de introducir en un único embrión un grupo de mutaciones (naturales, eso sí) ventajosas, ¿por qué no acelerar la expansión de dicho experimento...? Como dicen Boersma *et al.*, «Para ellos [se refieren a *Sculpting Evolution*], la evolución no es algo en lo que se *interviene*, sino algo que se puede *utilizar*» (las cursivas son mías).

En su ilustrador artículo, estos investigadores reformulan conceptos que damos por obvios, como «ecosistema» o «evolución», al mostrar los diferentes sentidos que adoptan estas expresiones a la luz de esta forma de intervención en la naturaleza. En esencia, debemos comprender que nunca antes nos habíamos enfrentado a este tipo de experimentos:

(...) el potencial de los impulsores genéticos radica principalmente en su uso contra poblaciones salvajes, lo que pone en primer plano la distinción ontológica y moral entre el mundo controlado por el ser

²⁴ En RUEDA, Jon *et al.*, se comenta cómo el principio de beneficencia procreativa (los padres están obligados a buscar lo mejor para sus hijos, incluida su dotación genética) podría llevar a que la reproducción sexual, en la medida en que responde a criterios azarosos y evita que los padres puedan «mejorar» a sus hijos, llegue algún día a ser considerada inmoral y sea sustituida por la reproducción artificial porque permite intervenir en la dotación genética de los embriones. Pues bien, la paradoja que quiero subrayar es que los *gene drives* podrían acelerar la reprogenética en el sentido contrario al que usualmente se ha acuñado, esto es, nos llevaría a tener que evitar la reproducción sexual, no para incorporar nuevos rasgos como propone el principio de beneficencia procreativa de Savulescu, sino para evitar que operen los impulsores genéticos. RUEDA, Jon *et al.*, «The morally disruptive future of reprogenetic enhancement technologies», *Trends in Biotechnology*, 41 (5), 2022.

humano y el que no lo es (...) ¿qué es realmente lo intervenido? Las diferentes formas en que los impulsores genéticos dan lugar a la coproducción de la naturaleza vuelven a aparecer aquí, ahora vistas a través de la lente de la intervención (...) ¿hace suficiente justicia el término «ecosistema» a la presencia humana en los sistemas locales donde se van a desplegar los impulsores genéticos? (...) Los impulsores genéticos trabajarían al mismo tiempo con y contra la evolución, y por tanto no pueden entenderse tan fácilmente como lo intervenido²⁵.

III. INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO *IMPULSORA* DE LA BIOTECNOLOGÍA

Salvo error u omisión por mi parte, la Declaración de Bletchley es el primer documento dedicado a la Inteligencia Artificial donde se cita expresamente a la biotecnología como disciplina generadora de riesgos «difíciles de predecir».²⁶ Aun cuando sea una referencia de lo más cicatera, para valorarla en su justa medida hemos de tener en cuenta que el Reglamento (UE) sobre IA, el Convenio sobre IA del Consejo de Europa o la Declaración de la UNESCO sobre IA carecen de referencias explícitas a dicha disciplina.

En los últimos años hemos asistido a un notable incremento de las capacidades de la Inteligencia Artificial, de ahí la sobreabundancia, hasta el hastío, de documentos, informes y publicaciones. Sin embargo, un aspecto relevante que se está minusvalorando, a pesar de que cada vez cobra más protagonismo, es la interacción y retroalimentación entre la biotecnología, que ya había dado su propio salto cualitativo hace unos años, a raíz de la aparición de la técnica de edición genómica CRISPR, y la propia Inteligencia Artificial.²⁷ La habilidad de *Deepmind*, IA de Google, para predecir la estructura tridimensional de las proteínas a partir de la secuencia de los aminoácidos (2021),

²⁵ BOERSMA, Keje *et al.*, «Correction: Gene Drives as Interventions into Nature: the Coproduction of Ontology and Morality in the Gene Drive Debate», *Nanoethics* 17, 9, 2023.

²⁶ Gobierno de Gran Bretaña. Declaración de Bletchley. Cumbre de Seguridad sobre Inteligencia Artificial. 1 y 2 de noviembre de 2023. <https://www.gov.uk/government/publications/ai-safety-summit-2023-the-bletchley-declaration/dbc58681-1b68-47e0-8e3f-f91435fdf8ce>. Última visita, abril de 2024.

²⁷ En el informe de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza se recuerda cómo los avances en biología sintética y, en general, en biotecnología, se deben en parte a la «digitalización» de la información biológica, que no sólo permite «a los investigadores ver y entender los planos de un organismo en un entorno computacional, sino que también abre la puerta a diseñar, editar y modelizar componentes biológicos antes de producirlos físicamente e insertarlos en una célula o un organismo». REDFORD, Kent; BROOKS, Thomas; MACFARLANE, Nicholas; ADAMS, Jonathan, «Genetic frontiers for conservation: an assessment of synthetic biology and biodiversity conservation: technical assessment», *International Union for Conservation of Nature*, 2019, p. 6.

constituye un hito en la historia de la ciencia, así como de la creciente imbricación entre ambas disciplinas.

En esencia, y sin entrar a analizar la complejidad inherente a acotar qué significa, implica o hace realmente la Inteligencia Artificial, queremos resaltar cómo su capacidad predictiva puede coadyuvar a que los objetivos de la biotecnología, sean cuales sean, se aceleren. Si la IA es capaz de desvelarnos el profundo misterio que envuelve el plegamiento de las proteínas, entonces también facilitará a las disciplinas «bio» averiguar qué reglas rigen en última instancia la estructura de la vida, un presente inestimable para la biomedicina, pero una notable preocupación para temáticas como las que estamos analizando. La valoración de esta interacción también depende del sesgo cultural, esto es, de si nos centramos en el mercado o en el principio de precaución.

En efecto, en un interesante estudio comparativo precisamente sobre este proceso de convergencia entre la IA y la biotecnología (que fechan en tan solo los últimos cinco años), los investigadores mostraban cómo el grupo europeo entrevistado se preocupaba por la falta de perspectiva acerca del «riesgo existencial» que supone esta convergencia, frente a la opinión del grupo norteamericano y chino, centrado en cuestiones *más terrenales*²⁸.

En esencia, la IA puede diseñar estructuras biológicas inexistentes en la Naturaleza (v. gr., los *biobots*); puede correlacionar qué genes están vinculados con características fisiológicas o comportamientos humanos, incluidos los políticos; puede predecir enfermedades como el alzhéimer, la demencia o la esquizofrenia emparentando patrones presentes en nuestros teléfonos móviles, vehículos autónomos, formas de teclear, uso de emoticonos, etc., antes de que lo sepamos nosotros, y aun sin nuestra voluntad; e incluso puede informarnos sobre qué moléculas, naturales o no, son incompatibles con la vida a escala planetaria. Existe una infinidad de información en el mundo, emitida de forma voluntaria o involuntaria, que la IA puede correlacionar, interpretar y anticipar en planos tan diferenciados como la política, la economía, la salud o el riesgo existencial. Parte de esa información desvelada hallando patrones en sistemas y subsistemas nos resultará muy útil para mejorar la calidad de vida²⁹, otra parte simplemente nos pone en peligro a unos niveles completamente desconocidos en el pasado.

²⁸ ZAKARIA, Sana *et al.*, «Machine Learning and gene editing at the helm of a societal evolution», Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2023, p. 60.

https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA2838-1.html. Última visita, abril de 2024.

²⁹ «(...) la IA es capaz de extraer automáticamente características termodinámicas y microestructurales de grandes conjuntos de datos a partir de simulaciones electrónicas, atómicas y continua con un alto poder predictivo, afirma Jörg Neugebauer, director del Max Plank-Institut für Eisenforschung». SALEM, Yasmin, «Artificial intelligence for materials design», *Max-Planck-Gesellschaft*, March 31, 2023. En <https://www.mpg.de/20096180/artificial-intelligence-in-material-design>; Última visita, abril de 2024.

Urbina *et al.*, narran en su sobrecogedor artículo cómo solicitaron a una IA que predijera qué moléculas eran peligrosas para los seres humanos³⁰. El número de combinaciones sobrepasó sus previsiones. En una línea discursiva similar, Sandbrink nos recuerda cómo un terrorista japonés no pudo llevar a cabo su atentado porque, a pesar de ser doctor en virología, «no supo apreciar la diferencia entre la bacteria *Clostridium botulinum* y la toxina botulínica mortal que produce». Sin embargo, esta distancia puede ser fácilmente salvada por las IA generativas, dado que:

(...) los LLM pueden sintetizar conocimientos de muchas fuentes distintas, hacer que la información compleja sea accesible y esté adaptada a los no expertos, y pueden señalar proactivamente variables sobra las que el usuario no sabía que debía preguntar. Si la información sobre armas biológicas se presenta de este modo, los esfuerzos más pequeños en este campo podrían superar cuellos de botella clave³¹.

Como hemos examinado, existe una correlación entre la tasa de reproducción y la tasa de éxito (transmisión hereditaria) de los rasgos programados con los *gene drives*. Por eso el primer objeto de estudio fueron los mosquitos y se despreocuparon de los seres humanos. Parece obvio que el obstáculo puede ser salvado aumentando la base, esto es, incrementando el número de embriones modificados con CRISPR y empleando los impulsores genéticos. La pregunta de cuántos embriones humanos deben ser modificados para que *todos* los seres humanos del planeta hereden la misma modificación en pocas generaciones puede ser resuelta sin duda alguna por una IA. También podría abordar otras cuestiones similarmente turbadoras y peligrosas, desde qué modificaciones introducir para eliminar un grupo humano hasta cómo sustituir determinados rasgos conductuales interviniendo en las mutaciones que lo hacen posible. La IA simplemente dirá a los *gene drives* cómo optimizar el proceso^{32,33}.

RAABE, Dier; MIANDROODI, Jaber R.; NEUGEBAUER, Jörg., «Accelerating the design of compositionally complex materials via physics-informed artificial intelligence», *Nat Comput Sci*, 3, 2023, pp. 198–209.

³⁰ URBINA, Fabio *et al.*, «Dual use of artificial-intelligence-powered drug discovery», *Nature Machine Intelligence volume 4*, 2022, pp. 189–191.

³¹ SANDBRINK, Jonas B., «Artificial intelligence and biological misuse: Differentiating risks of language models and biological design tools», 2023, Repositorio Arxiv.

<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2306/2306.13952.pdf>. Última visita, abril de 2024.

³² En el artículo de VILHEKAR y RAWEKAR se analiza en un cuadro diversos ejemplos de las «diversas e impactantes aplicaciones de la genética y la IA en la asistencia sanitaria», en temáticas como el diagnóstico y el seguimiento del cáncer, la identificación de las poblaciones de riesgo, la clasificación de variaciones genéticas o la predicción de la ascendencia de los pacientes. VILHEKAR, Rohit S.; RAWEKAR, Alka, «Artificial Intelligence in Genetics», *Cureus* 10;16(1), 2024.

³³ Las siglas LLM corresponden a la expresión *Large Language Model*, esto es, a la Inteligencia Artificial Generativa (como el famoso ChatGPT). A diferencia de la futura Inteligencia Artificial Creativa (quizá hipotética), la Generativa no produce en

Hasta ahora, los únicos que se han dado cuenta son los científicos, pero lógicamente centran su atención en las implicaciones meramente ecológicas de su trabajo, no en los efectos colaterales en la política, la sociología o la antropología. Ni los sociópatas de la ingeniería social ni en general la clase política comprenden qué se ha descubierto prácticamente por casualidad (en el descubrimiento de CRISPR tuvo un papel destacado un investigador que buscaba optimizar los productos lácteos...) ³⁴, ni mucho menos el inmenso poder predictivo que están desarrollando las IIAA. No es exagerado decir que ese es el motivo por el que estos objetivos no se han puesto todavía en marcha en determinados países. Desde luego, no han sido las Declaraciones de Derechos Humanos ni la presión internacional. Esperar o adelantarnos, y si decidimos actuar, cómo lo hacemos, tal es el dilema.

IV. TAREAS PARA LA FILOSOFÍA DEL DERECHO

Centrándonos en la temática expuesta, los *gene drives* en seres humanos, estimo que nuestra área de conocimiento debe abordar tres tareas:

1. Debemos redefinir el concepto de «eugenesia». El artículo tres de la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea prohíbe «las prácticas eugenésicas, y en particular, las que tienen por finalidad la selección de las personas». La expresión parece estar referida a las prácticas nazis durante la II Guerra Mundial, sin embargo, la aclaración *auténtica* restringe aún más su sentido, hasta el punto de excluir prácticamente la cuestión genética.

En efecto, quienes redactaron la Carta especificaron que se estaban refiriendo a «campañas de esterilización, embarazos forzados, matrimonios obligatorios según criterios étnicos», etc. ³⁵. Obviamente, las posibilidades de la edición genómica en la línea germinal humana quedan fuera del alcance de este precepto, máxime si contemplamos esta cuestión desde la creciente interacción entre CRISPR, los *gene drives* y los algoritmos de la IA (el código penal español también se ha quedado obsoleto). La cuestión es ¿qué prohibir?

En el contexto actual, un extremo de la prohibición serían las prácticas nazis, que ni siquiera hace falta explicar. En el otro estaría la «selección preimplantacional», que según la Iglesia católica es una

principio información nueva, sino que solo emplea la información con que fue entregada la IA.

³⁴ DOUDNA, Jennifer; STERNBERG, Samuel, *op. cit.*, p. 90.

³⁵ Explicación de la Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea. *Diario Oficial de la Unión Europea*. C 303/17. 12/12/2007.

[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32007X1214\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32007X1214(01)). Última visita, abril de 2024.

forma de eugenesia a pesar de ser una práctica legal que permite que las enfermedades hereditarias no se transmitan de una generación a la siguiente sin necesidad de modificar genéticamente a los embriones.

Entre uno y otro extremo podemos hallar una amplia amalgama de posibilidades, cuya especificación sería necesaria. La modificación del genoma humano para evitar que se transmitan las enfermedades monogénicas estaría justificada moralmente (la normativa europea actualmente lo prohíbe también, pero esta proscripción se estableció a finales de los noventa, cuando nadie podía prever los avances científicos. Una cuestión diferente es que técnicamente todavía no sea seguro hacerlo)³⁶. La intervención para prevenir enfermedades en las generaciones futuras conllevaría más discusión, por cuanto habría que valorar la proporcionalidad de una medida tan invasiva. La modificación para «mejorar» (*enhancement*) la especie humana parece a priori que entraría dentro del concepto de «eugenesia», pero incluso aquí tendríamos que precisar más (v. gr., valorar incluso la introducción de genes de otras especies porque nos resulten favorables desde un punto de vista terapéutico. Piénsese que esto ya se hace, pero a la inversa, en cerdos *humanizados* para facilitar un trasplante. Aunque queda lejos, si alguna vez intentamos colonizar Marte tendremos este tipo de debates). En cualquier caso, está por discutir por qué si un hipotético incremento cognitivo es eugenesia³⁷, la introducción de mutaciones favorables o ventajosas en un embrión (es una propuesta abierta a hipotéticos usuarios en internet) no lo es. La selección de preembriones con rasgos ventajosos *naturales*, producto del azar, correlacionados con Inteligencia Artificial, ya es objeto de tráfico mercantil, esto es, se hace³⁸. Los embriones se seleccionan en función del grado de «éxito» futuro, lo que puede incluir el color de la piel (v. gr., un contexto racista puede empujar a los padres a elegir al embrión más *clarito* para reducir, al

³⁶ Artículo 13 del Convenio de Oviedo. Intervenciones sobre el genoma humano. Únicamente podrá efectuarse una intervención que tenga por objeto modificar el genoma humano por razones preventivas, diagnósticas o terapéuticas y *sólo cuando no tenga por finalidad la introducción de una modificación en el genoma de la descendencia*. (Nota: las cursivas son mías). La comunidad científica está dividida entre quienes abogan por modificar este artículo para permitir la modificación de la línea germinal cuando la técnica sea suficientemente segura y quienes se oponen a cualquier intervención que se traslade a la descendencia, aun cuando sea por motivos terapéuticos.

³⁷ Algunos estudios señalan que no debe preocuparnos esta cuestión, dado que un aumento de la inteligencia desde un punto de vista genético no solo es un objetivo difuso, sino muy difícil técnicamente. REGALADO, Antonio, «Why don't have to worry about designer babies: altering intelligence is too hard», *MIT Technology Review*. 28/01/2019; REGALADO, Antonio, «We don't use CRISPR to make super-smart babies- but only because we can't», *MIT Technology Review*, 2019, 01/18.

³⁸ Véase Editorial, «The alarming rise of complex genetic testing in human embryo selection», *Nature*. 28 March, 2022; KUMAR, Akash *et al.*, «Whole-genome risk prediction of common diseases in human preimplantation embryos», *Nat Med* 28, 2022, pp. 513-516; GLEICHER, Norbert *et al.*, «The uncertain science of preimplantation and prenatal genetic testing», *Nat Med* 28, 2022, pp. 442-444.

menos hipotéticamente, los problemas al futuro hijo), o juicios meramente probabilísticos acerca de su inteligencia futura³⁹. A partir de aquí, surgen innumerables preguntas.

En este contexto, los *gene drives* constituyen una forma *singular* de eugenesia, de ahí que Cutter titulase a su artículo «Eugenesia de guerrilla», porque «la naturaleza intrínsecamente autopropagadora del impulsor genético lo distingue de las prácticas eugenésicas definidas tradicionalmente»⁴⁰. En esencia, nos advierte sobre las diferencias cualitativas entre esta forma de intervención en el genoma humano y las que justificaron en su día la utilización del término eugenesia.

En efecto, dada la celeridad con que se pueden expandir las mutaciones diseñadas *ad hoc* y la falta de control público sobre quien las pueda iniciar, parece obvio que supera el marco del individuo y nos afecta colectivamente. Podría emplearse para exterminar un determinado colectivo (una etnia), pero también para una finalidad que pueda considerarse legítima desde un punto de vista religioso (v. gr., provocar las mutaciones necesarias para evitar el ateísmo) o político (v. gr. provocar las mutaciones necesarias para evitar la religiosidad o el individualismo).

En este sentido, la Inteligencia Artificial puede jugar un papel fundamental al correlacionar rasgos comportamentales (sexualidad, predisposición a la manipulación, sentido del voto) a mutaciones presentes en determinados genes. La tentación de «corregir» las mutaciones *inadecuadas* formarán parte del arsenal del poder político, con total independencia de la correspondencia real entre las correlaciones.

La tesis de que los *gene drives* no se van a emplear con fines espurios en seres humanos por motivos políticos, sociales, religiosos, y quién sabe incluso si económicos, es pura ingenuidad. Por ello, debemos clarificar cuanto antes cuáles son las líneas rojas de lo que debe considerarse eugenesia para que después pueda concretarse en normas jurídicamente vinculantes antes de que el mercado haga esa labor por nosotros.

Otra cuestión a abordar en esta expresión es si los animales pueden ser objeto de «eugenesia» en el sentido *humano* de la expresión. La respuesta es que sí, y por ello, debemos establecer límites a la *hominización* de los animales.

Escribo *hominización* y no *humanización* de forma consciente y deliberada. En estos momentos, humanizamos órganos de cerdo insertando genes humanos en su genoma para que no se produzca rechazo en caso de trasplante. En abril de este mismo año, el primer paciente exitoso de este tipo de xenotrasplantes de riñón fue dado de alta del

³⁹ Véase a este respecto DE LECUONA, Itziar; MARFANY, Gemma (coord.), «Bioética y selección genética de embriones humanos por cálculo de riesgo poligénico», Observatorio de Bioética y Derecho, Universitat de Barcelona, 2024.

⁴⁰ CUTTER, Asher D., «Guerrilla eugenics», *cit.*

hospital (en los otros intentos, los pacientes estaban clínicamente muertos cuando se hizo el experimento). Aun cuando falleció dos meses después de la intervención, este tipo de investigaciones merecen el esfuerzo y el riesgo. Sin duda, vendrán más trasplantes y quizá la falta de órganos para el trasplante deje de ser un problema.

La reflexión debe focalizarse en la ruptura de las fronteras naturales entre las especies, en especial, entre algunos animales y nosotros. Un animal con órganos externos humanos puede resultar perturbador a la vista, pero puede tener su lógica para la investigación científica o para trasplantes. Ahora bien, en estos momentos contamos con la tecnología necesaria para poder incrementar, por accidente o intencionalmente, la capacidad cognitiva de un animal. Básicamente, no hace falta modificar su dotación genética, sino introducir la nuestra en su cerebro o su sistema nervioso⁴¹. No es un debate teórico sino una realidad, solo que a una escala todavía muy pequeña, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo. Sin embargo, la quimera recientemente creada por investigadores occidentales en China, un embrión de mono con un porcentaje de células humanas que fue desarrollado hasta el día 19 (en Occidente, solo se permite el desarrollo de los embriones humanos para experimentación hasta el día 14), es una advertencia de las posibilidades, intenciones o azares de la investigación científica. La pregunta clave en este caso es la siguiente: ¿cuál es la naturaleza ontológica y jurídica de un simio o un cerdo con una capacidad cognitiva superior a la de los miembros de su especie o incluso equivalente a la nuestra? Al igual que se introducen genes para humanizar un riñón de cerdo, ¿qué tiempo tardaremos en hacer lo mismo para *hominizar* su cerebro, aunque sea con la legítima intención de estudiar enfermedades que nos aquejan?

Si a estas reflexiones añadimos la técnica analizada, esto es, los *gene drives*, ¿en qué medida la interacción entre la Inteligencia Artificial, con su inigualable poder de computación y análisis, la técnica CRISPR, que permite transferir genes de una especie a otra, y los *gene drives*, que incrementan los poderes taumatúrgicos de aquellas dos hasta límites insondables, ampliarán el panorama de forma inmanejable?

George Church planteaba que la mejor forma de evitar la extinción de las especies era incrementar el número de especies en el planeta (de ahí su reciente proyecto de recuperar a los mamuts). En cierta forma, es lo que ya estamos haciendo. En la medida en que mezclamos el genoma de seres vivos, incrementamos objetivamente el número de especies (los cerdos humanizados no existen en la naturaleza. Si logran que la característica humana sea hereditaria, estaremos, no ante un cerdo con genes humanos, sino ante una especie con genes especí-

⁴¹ Sobre la integración de un minicerebro humano en el cerebro de una rata, véase MARFANY, Gemma, «Minicerebro de células humanas», *El nacional.cat*. 15 de octubre de 2022, https://www.elnacional.cat/es/opinion/cerebros-hibridos_900432_102.html Última visita, abril de 2024.

ficamente humanos). Si eso mismo sucede con las neuronas, las células gliales (sistema nervioso), etc., estaremos dando un paso ciertamente arriesgado en este proceso de diversificación de la vida, aun cuando pueda ser con loables intenciones.

Hasta ahora, nos hemos centrado en los animales sintientes, de ahí la normativa sobre bienestar animal que paulatinamente se está extendiendo, pero mucho nos tememos que dicho marco jurídico se nos quede rápidamente desfasado y debamos comenzar a preparar el advenimiento de animales con neuronas humanas. Todas nuestras preocupaciones fantasiosas se centran en estos momentos en una IA General, esto es, un algoritmo que, si no sintiente, al menos sea consciente. Sin embargo, parece más probable que antes lograremos un cerdo o un simio, o una estirpe de dichos animales, con cerebros *hominizados*, planteándonos cuestiones metafísicas para las que no tenemos respuesta. Su estatuto ontológico y jurídico lo podemos concretar a posteriori, pero al menos deberíamos reflexionar sobre qué supone la interacción, imbricación y retroalimentación de las tecnologías disruptivas. La eugenesia humana en animales humanizados puede conllevar ampliar el elenco de homínidos, en un contexto donde la Inteligencia Artificial es tanto un medio (para la biotecnología) como un fin en sí mismo (acercar sus capacidades a las nuestras). Extender las reflexiones sobre la eugenesia humana a la Inteligencia Artificial quizá sea rizar el rizo (aunque algunas predicciones de quienes conocen el sector apunten en esta dirección), pero en animales simplemente ya estamos llegando tarde.

2. Género. Sin duda, las tecnologías disruptivas impactan de forma negativa en las cuestiones de género (v. gr., recuérdese los sesgos en IA, las reglas que obstaculizan la fecundación *in vitro*, el hecho de que los primeros experimentos en la línea germinal se hayan efectuado sobre niñas, etc.). Ahora bien, qué reflexión podemos hacer sobre la posibilidad de emplear los *gene drives* específicamente *contra las mujeres*. El artículo de Cutter citado, financiado por el gobierno canadiense, recuerda los procesos de esterilización masiva de mujeres indígenas precisamente en aquel país⁴². Al catálogo de horrores podríamos añadir la ablación del clítoris, la reducción de pies por motivos estéticos, el burka, y un sinfín de perturbadoras posibilidades. Pues bien, los *gene drives* constituyen una poderosa arma para la ingeniería social, dado que permiten modificar la dotación genética de grupos humanos a una velocidad inimaginable en el pasado. Actualmente, con cada mujer hay que *reiniciar* la acometida, esto es, una por una necesita ser invadida por el agresor, lo que en cierta forma limita *cuantitativamente* la embestida, la enlentece o ralentiza. Los *gene drives*, por el contrario, permitirían políticas biosociales dirigidas única y exclusivamente contra ellas, con

⁴² Sobre esta temática, véase también SANDEL; Michael, *Contra la perfección*, (título original *The Case Against perfection. Ethics in the age of genetic engineering*), trad. de Ramón Vilá Vernis, The Belknap Press of Harvard University Press, EE.UU., Marbot Ediciones, 2007, pp. 96-101.

el hándicap de que serían hereditarias, y por ende, prácticamente irreversibles (se estudian posibilidades de reversión que, por lo leído, no parecen muy prácticas). Amartya Sen demostró en los años noventa cómo *faltaban* millones de mujeres en China debido al infanticidio selectivo en un contexto de políticas de hijo único. Si los *gene drives* pueden propagar la esterilización de unas cuantas hembras de mosquito, cabe imaginar qué no podrán acelerar de forma irrefrenable.

Por ello, aunque la esterilización, la mutilación femenina, etc., forman parte del catálogo de crímenes contra la humanidad, sería razonable incluir los *gene drives* específicamente como una nueva forma agresión contra las mujeres, aun cuando por ahora solo sea una posibilidad teórica. Gran Bretaña ha optado por no regular específicamente la Inteligencia Artificial, apostando por la innovación y el progreso tecnológico. La contraparte de esta visión mercantilista es que no afronta de forma específica la forma en que la IA discrimina a las mujeres, considerando que la normativa que regulaba las máquinas de escribir, por ejemplo, *basta* para enfrentarse a las infinitas posibilidades de la IA⁴³. Esto es, estiman que la misma normativa que sirve para imputar un libelo escrito a pluma contra las mujeres es suficiente para enfrentarse a los desnudos de la IA o a los sesgos de los algoritmos. Con la biotecnología sucede igual, solo que a escala mundial, por lo que se deja a las mujeres completamente indefensas frente a la especificidad de los *gene drives*.⁴⁴

En resumidas cuentas, la biotecnología y la Inteligencia Artificial, por separado, o imbricadas, incrementan notablemente, tanto desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo⁴⁵, la discriminación⁴⁶, el sesgo o directamente la agresión a las mujeres, de ahí que deba ser obje-

⁴³ «El planteamiento inicial no normativo del Reino Unido no creará nuevos derechos ni nuevas vías de recurso en esta fase». Gov. UK., «A pro-innovation approach to AI regulation Presented to Parliament by the Secretary of State for Science, Innovation and Technology by Command of His Majesty on 29 March 2023», p. 8. <https://www.gov.uk/government/publications/ai-regulation-a-pro-innovation-approach/white-paper>. Última visita, abril de 2024.

⁴⁴ Incluso en los usos legítimos de los *gene drives*, por ejemplo, para eliminar plagas, habría que tener en cuenta la posición de las mujeres en el seno de las comunidades indígenas a la hora de tomar decisiones que afectan a toda la etnia. Véase, a este respecto REDFORD, Kent *et al.*, p. 55.

⁴⁵ «Los individuos de ascendencia europea representan aproximadamente el 16% de la población mundial, pero suponen casi el 80% de todos los participantes incluidos en los conjuntos de datos de asociación de genoma completo». DE LOS CAMPOS, Gustavo; GIANOLA, Daniel. «Genomic Prediction in the Big Data Era», *American Scientist*, vol. 111, no. 5, 2023, sep-oct, p. 286.

⁴⁶ De los cuatro tipos de sesgo mostrados en el artículo de UPADHYAY, Umashankar *et al.*, sobrerrepresentación, infrarrepresentación, exclusión y prejuicio, a las mujeres les afectan los cuatro. El título del artículo no puede ser más significativo: «Llamamiento a la inteligencia artificial responsable en la sanidad». UPADHYAY, Umashankar *et al.*, «Call for the responsible artificial intelligence in the healthcare», *BMJ Health Care Inform* 2023, p. 30.

to de singular atención. Tras la enorme complejidad de muchas cuestiones técnicas pueden sublimarse, en unos casos, formas indirectas o tácitas de discriminación; en otros, la tecnología simplemente es un instrumento en sí mismo de embate que no solo replica, sino que amplifica nuestra historia reciente. Los estudios jurídicos de género deben ampliarse a la singularidad del momento tecnocientífico que vivimos, partiendo de una concepción transdisciplinar (incluida la ciencia) de los problemas.

3. Regulación. Debemos reflexionar sobre el paradigma jurídico aplicable a las tecnologías disruptivas. A pesar de la enorme casuística, de la disparidad de ordenamientos jurídicos, de la rapidez con que avanza la tecnología y de la dificultad inherente a hallar regularidades normativas en un panorama tan complejo y disperso, estimo que la regulación de las tecnologías disruptivas emplea actualmente dos parámetros, centrarse en la tecnología o, por el contrario, basarse en el resultado final⁴⁷.

Estados Unidos y Gran Bretaña, y quizá China en los escasos momentos en que opta por legislar, basan su normativa no en una tecnología en concreto sino en el resultado final. Así, a diferencia de Europa, Gran Bretaña ha renunciado a crear una norma *ad hoc* para la Inteligencia Artificial y pretende basar su regulación en las normas ya existentes, empleando, imaginamos, la analogía allí donde sea posible y la ingeniosa creatividad donde sea inviable⁴⁸. Basándose en el mismo paradigma, Estados Unidos ha regulado recientemente la biotecnología con una norma basada en el producto final, no en el medio que se emplea para obtenerlo⁴⁹. De esta forma, iguala al agricultor con el ingeniero biotecnólogo y a la huerta con el laboratorio

⁴⁷ En Alemania se plantean si regular la IA conforme a las propiedades o capacidades del sistema, si tener un enfoque antropocéntrico («términos comúnmente asociados a la inteligencia humana, como “conocimientos o habilidades”»), o por el contrario centrarse en «características físicas tales como magnitudes mecánicas, eléctricas y magnéticas». WAHLSTER, Wolfgang; WINTERHAITER, Christoph, *German Standardization Roadmap on Artificial Intelligence*, DKE German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE. Sociotechnical System. Chapter 4.5.3.2 Statu Quo; 5. Definition of IA, 2020, pp. 29 y 145.

⁴⁸ «En lugar de crear normas engorrosas aplicables a todas las tecnologías de IA, nuestro marco garantiza que las medidas reguladoras sean proporcionales al contexto y a los resultados, centrándose en el uso de la IA más que en la propia tecnología. (...) 36. Nuestro enfoque innovador de la regulación de la IA utiliza un marco basado en principios para que los reguladores lo interpreten y apliquen a la IA dentro de sus competencias. Los principios establecen los elementos clave de un diseño, desarrollo y uso responsables de la IA, y ayudarán a orientar a las empresas. Los reguladores dirigirán la aplicación del marco, por ejemplo publicando orientaciones sobre las mejores prácticas para la adhesión a estos principios. (...) Fusionar el principio de seguridad con el de protección y robustez, dado el importante solapamiento entre estos conceptos», Gov. UK. *op. cit.*, p. 8.

⁴⁹ Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), USDA. Final rule. *Movement of Certain Genetically Engineered Organism* (2020 Rule). 85 Federal Register. 29,790-29838. 18/05/2020.

más avanzado. Lo relevante, en última instancia, es si una manzana verde y sabrosa es comestible, no si estamos ante una simple variedad vegetal o un transgénico. En resumidas cuentas, Gran Bretaña ha optado por degradar a la IA a la categoría de ordenador de sobremesa, y por eso no recibirá un tratamiento normativo específico, mientras que Estados Unidos ha elevado el estatuto de los indígenas mesoamericanos, que ingeniosamente crearon el maíz hace milenios, al de los bioingenieros contemporáneos, que hacen *lo mismo*, solo que con bata y probeta.

Se podría extrapolar estas diferencias entre el mundo anglo y el europeo continental a la clásica dicotomía entre el *ius commune* y el *ius civile*, pero estimo que el fondo es menos complejo (Gran Bretaña ha formado parte hasta hace poco tiempo de la Unión Europea). Simplemente han apostado por el mercado, minimizando o eliminando la transición entre el laboratorio y el consumidor. Desde esta perspectiva, el principio de precaución constituye un atavismo de la época feudal, una especie de arancel cualificado moderno, una barrera injustificable para la innovación y el crecimiento económico. Si a esto se le añaden cuestiones geoestratégicas (Estados Unidos compite con China y Gran Bretaña en cierta medida con la Unión Europea), la finalidad de su normativa sectorial para la tecnología es fácil de comprender.

El segundo parámetro, regular la tecnología y no el producto final, o poner más peso en lo primero que en lo segundo, es propio de la Unión Europea. Bajo la égida del principio de precaución, aspira a ralentizar la transición entre el laboratorio y el mercado. Cuando el Tribunal de Justicia de la Unión Europea se opuso en 2018 al parámetro anglo en biotecnología se amparó precisamente en una interpretación amplia del principio de precaución, para indignación de la industria biotecnológica. Esto explica que la principal normativa sobre biotecnología date de 2001 y 2003 (CRISPR es posterior), y que el Reglamento sobre Inteligencia Artificial tarde seis años, desde 2021, en entrar en vigor. En estos momentos la Unión Europea está reformando su normativa en biotecnología para acercarla a la americana, pero dada la lentitud con que se tramita cabe prever que en el ínterin vuelvan a surgir novedades tecnocientíficas imprevistas.

El mundo anglo ha apostado por la innovación, las patentes y el crecimiento económico, de forma que su población corre el riesgo por nosotros, lo que no significa que los continentales no asumamos también algunos, solo que diferentes (v. gr., colonialismo tecnológico, dependencia, etc.). Ahora bien, retomando nuestro tema, resulta lícito plantearse qué sentido tiene regular los *gene drives* a escala continental empleando como paradigma la tecnología o el producto final.

En efecto, los *gene drives* nos ilustran sobre lo ilusorio de seguir manteniendo estos dos antagónicos parámetros⁵⁰. Si una simple mosca modificada que se emancipe de su tribu basta para modificar la mitad de las moscas existentes en el mundo, ¿cómo hemos de interpretar la normativa humana basada en la tecnología o en el producto final (que en este caso *somos nosotros*)?

En definitiva, parece obvio que, por encima de todas estas tecnologías y de este abrumador casuismo, debemos hallar parámetros comunes a ambos lados del Atlántico para regular una técnica prometedora y turbadora como la analizada. Si no lo logramos, quién mejor que Carl Schmitt para recordarnos cuáles son los potenciales peligros de la tecnología:

El destino de la técnica (y por ello de los hombres que se entregan a ella) se infiere del hecho de que mediante la técnica todo se transforma en arma, más luego deja de ser arma y se transforma en un puro medio de aniquilación, no en un medio de medir las fuerzas, como es el arma, sino en un medio de la aniquilación de los valores de aniquilación⁵¹.

V. CONCLUSIONES

Los objetivos de los transhumanistas suelen ser objeto de mofa por su inconcreción (v. gr., el hombre posthumano), espiritualidad *naïf* (v. gr., singularidad) y discurso megalomaniaco (v. gr., curar la

⁵⁰ La cuestión sobre el papel que pueden jugar las comunidades indígenas, e incluso el público en general, a la hora de opinar sobre el impacto de los *gene drives*, ha sido objeto de una fuerte controversia. La dicotomía posmodernos vs científicos simplifica en extremo la cuestión de quién decide en una temática que sobrepasa nuestra idea del consentimiento informado, individualmente considerado, hasta trasladarse a las generaciones venideras por las que decidimos (lógicamente) sin su opinión (la «gobernanza anticipatoria» forma parte de este elenco de expresiones con que se trata de recoger la complejidad del debate). El informe norteamericano sobre esta temática abrió la veda de una agria polémica que aún colea. Véase al respecto. Committee on Gene Drive Research in Non-Human Organisms: Recommendations for Responsible Conduct, Board on Life Sciences, Division on Earth and Life Studies, & National Academies of Sciences; Engineering, and Medicine; «*Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values.*» National Academies Press (US). 2016; KUNTZ, Marcel, «Scientists Should Oppose the Drive of Postmodern Ideology», *Trends in biotechnology* 34(12), 2016, pp. 943-945; KOLOPACK, PA; Lavery, JV, «Informed consent in field trials of gene-drive mosquitoes», *Gates Open Res.* 2017 dec 11;1:14; Collins J. P. «Gene drives in our future: challenges of and opportunities for using a self-sustaining technology in pest and vector management», *BMC proceedings*, 12 (Suppl 8), 9, 2018; LONG, K. C. *et al.*, «Core commitments for field trials of gene drive organisms», *Science (New York, N. Y.)*, 370(6523), 2020, pp. 1417–1419.

⁵¹ SCHMITT, Carl; *Glossarium. Anotaciones desde 1947 hasta 1958*, trad. de Fernando González Viñas. Edición y notas de Gerd GESILER y Martin TIELKE. Edición española y notas adicionales de David GONZÁLEZ ROMERO, El Paseo editorial, 2021.

muerte). Sin embargo, corremos el riesgo de no advertir la seriedad de algunos debates.

Cuando pensamos en un «hombre posthumano» se nos viene a la mente la ciencia ficción, esto es, un individuo con características físicas ajenas a nuestra especie. No hace falta dar detalles. Por otro lado, desde un punto de vista estrictamente científico una especie es un conjunto de individuos que puede cruzarse y generar descendencia fértil⁵². Para pensar en el fraccionamiento biológico de la especie humana, esto es, en la generación de unos individuos que no puedan cruzarse con los ya preexistentes, necesitamos mucha *creatividad*, dado que incluso con la técnica CRISRP tendrían que combinarse diversos factores para que realmente pudiera darse una situación como esa (aislamiento poblacional, innumerables generaciones, mutaciones que afecten a la reproducción, etc.). Sin embargo, si algo podemos estar aprendiendo es que conceptos como «especie», «ecosistema» o «evolución» se tambalean con estas novedosas tecnologías, o como mínimo, adquieren un nuevo significado.

Es un lugar común entre los científicos pensar que una especie modificada con los *gene drives* constituye en cierta forma una *nueva especie*, esto es, una especie *creada* en laboratorio, o un producto de la biología sintética, pero, en cualquier caso, algo *no natural*⁵³. Cuando se formulan este tipo de reflexiones, se están refiriendo a los mosquitos o a mamíferos sobre los que se ha pensado aplicar este tipo de tecnologías.

No he hallado en ningún lugar la reflexión de que, siguiendo el mismo argumento, si esta técnica se aplicara a los seres humanos estaríamos ante una nueva especie *de seres humanos*. Es cierto que anatómicamente serían idénticos, que seguirían reproduciéndose con el resto (v. gr. salvo modificación *ad hoc*), etc. Pero la característica adquirida, esto es, la transmisión supermendeliana de los rasgos añadidos en un laboratorio, supondría un salto cualitativo, un elemento diferenciador hasta extremo insospechados (ninguna de las especies del género *Homo*, desde que nos separamos de los simios hace siete millones de años, presentaba este rasgo). Un individuo que transmite sus rasgos sí o sí, sean adaptativos y ventajosos, o por el contrario, nocivos y peligrosos, no es como nosotros, es *otra cosa*. *Qué sea*, está por discutir. Desde el punto de vista de su dignidad intrínseca o de su reconocimiento como miembro de nuestra comunidad, no genera dudas en cuanto a su humanidad, porque entre otras cuestiones que afrontar no tendríamos forma de distinguirlo. Pero desde el momento en que sus rasgos adquiridos, introducidos o

⁵² Parece que el problema de la hibridación entre neandertales y sapiens estribó justo en esa cuestión, en que la descendencia no era fértil.

⁵³ Véase NOBLE, Charleston *et al.*, «Current CRISPR gene drive systems are likely to be highly invasive in wild populations», *eLife*, 7, 2018; KOFLER, Natalie *et al.*, «Editing nature: Local roots of global governance», *Science*, 2 Nov, 2018, pp. 527-529.

producidos en fase embrionaria, se diseminan imperativamente por el resto del planeta, a una velocidad generacional que depende del número de embriones modificados inicialmente y de las mutaciones en sí mismas, *está sustituyéndonos*. Y eso merece alguna reflexión, aun cuando no sea culpa suya, sino de la megalomanía de algunos científicos o de algún régimen político que comprenda antes que los demás qué significa esto.

Parafraseando a Flaubert, inmortalizado después por Marguerite Yourcenar, podríamos decir que cuando desapareció el último neandertal hubo un momento único, apenas unos miles de años⁵⁴, en que el hombre estuvo *solo* en el planeta, esto es, no coexistió con ninguna otra especie de Homo⁵⁵. Kelsen citaba el famoso párrafo de Heráclito, «Si el sol no se mantiene en su camino prescrito, las Erinias, auxiliares de la justicia, lo corregirán», para ilustrarnos sobre la equivalencia en la época clásica entre las reglas que rigen la naturaleza y las reglas jurídicas: «que el sol no se separe de su curso, puesto que, si lo hace, los órganos del derecho intervendrán contra él»⁵⁶. Nosotros estamos aprendiendo a *separar el curso del sol*, esto es, a diversificar *otra vez* al género Homo, en un contexto donde algunos animales siguen el proceso inverso, esto es, cada vez *se acercan más* a nosotros. La cuestión es qué hacemos con el Derecho.

Desde que apareció la técnica CRISPR solo hemos tardado tres años en crear niñas modificadas genéticamente. Se calificó a estas menores como nueva «estirpe» humana en el sentido de que su (supuesta) inmunidad al SIDA se transmitiría a la descendencia (siguiendo patrones mendelianos). Ahora bien, ¿cuánto tiempo tardaremos en asistir al primer ser humano modificado con CRISPR y con los *gene drives*?⁵⁷. ¿Obviaremos el término *estirpe* y emplearemos el de *especie*, que tiene otras connotaciones, dado que la herencia supermendeliana es *contra natura*? Quizá el advenimiento de otra especie humana, si propiamente se le puede llamar así, no sea tan dramático, espectacular o mediático como imaginamos siempre, dado que prácticamente no nos daríamos cuenta de nada; quizá incluso haya comenzado ya. Sin embargo, la sustitución de la selección natural y el azar por la evolución dirigida culturalmente (los rasgos los elegimos nosotros) es una ruptura

⁵⁴ Cuando aparecimos en la Historia, quedaban cuatro especies más de homínidos en el planeta: *erectus*, neandertales, denisovanos y el Hombre de Flores. Los últimos neandertales se refugiaron en Gibraltar, desapareciendo hace unos cuarenta mil años. Solo quedamos nosotros.

⁵⁵ La frase original es esta: «Cuando los dioses ya no existían y Cristo no había aparecido aún, hubo un momento único, desde Cicerón hasta Marco Aurelio, en que sólo estuvo el hombre», YOURCENAR, Marguerite, *Memorias de Adriano*, trad. de Julio Cortázar. Editora y Distribuidora Hispano Americana SA. 1999.

⁵⁶ KELSEN, Hans, *Teoría Pura del Derecho*, trad. de la segunda edición del alemán por Roberto Vernengo, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1982, p. 99.

⁵⁷ Las peticiones de moratoria científica en 2016 fracasaron.

completa con la historia de la vida, incluida la nuestra, en el planeta. Máxime si tenemos en cuenta la celeridad a la que puede ocurrir, así como su irreversibilidad⁵⁸. Merece nuestra atención.

En su último libro, Habermas hacía hincapié en «los problemas abrumadoramente complejos» que debía abordar la filosofía⁵⁹. Pues bien, para poder afrontar los retos emergentes de la presente revolución tecnocientífica e industrial debemos hallar la forma de correlacionar múltiples relatos, contextos, historias y acontecimientos, buscando para ello regularidades, sentido y coherencia entre tanto casuismo. Parafraseando, otra vez, pero ahora a Bobbio, podríamos atribuir a la filosofía del derecho la función de lograr que estas tecnologías nos respeten como seres humanos, no sean empleadas de forma espuria por el Poder y no desemboquen en escenarios distópicos. Necesitamos, en definitiva, comprender los efectos *totalizadores* de las tecnologías disruptivas para poder adaptar cuanto antes nuestros ordenamientos jurídicos, so riesgo de que otros *lo comprendan* por nosotros.

⁵⁸ Los científicos también plantean que se podrían introducir nuevas mutaciones para revertir las ya inducidas. Más vale no tener que imaginarlo.

⁵⁹ HABERMAS, Jürgen, *Una historia de la filosofía. Vol. 1. La constelación occidental de fe y saber*; trad. de Josep Monter Pérez, en colaboración con Francesc Hernández i Dobon, Trotta, 2023, p. 25.