

EDITORIAL

INNOVACIÓN TECNOCIENTÍFICA MÉDICA PUEDE SER PRODUCIDA Y EVALUADA EN SOCIEDAD

Felipe Andrés Venegas ¹, María José Gallardo-Nelson ^{2*}.

¹ Department of Chemistry, McGill University, 801 Sherbrooke St W, Montreal, QC, Canada, H3A 0B8.

² Departamento de Medicina, Facultad de Medicina, Universidad de Atacama, Copiapó, 1530000, Chile.

*Correspondencia: María José Gallardo-Nelson.

Departamento de Medicina, Facultad de Medicina, Universidad de Atacama, Copiapó, 1530000, Chile.

maria.gallardo@uda.cl

Martin Ford, ingeniero computacional y escritor futurista, en su libro *El Asenso de Los Robots* [1], detalla la génesis, implementación, problemáticas, y beneficios de diversos softwares que utilizan Inteligencias Artificiales (IAs) y robots que facilitan el reemplazo de personas y la reestructuración de mercados laborales. Existen IAs que permitirían que la inmigración virtual supere barreras lingüísticas (eventualmente el saber cierto idioma local no sería requerido para trabajar en compañías que implementaran traducción automática en tiempo real) o el boom de la educación a distancia que ofrece certificación profesional (inclusive postgrados) en formato e-learning. Sin embargo, los beneficios no están exentos de críticas.

Al saber que ciertas IAs son utilizadas para escribir textos académicos y periodísticos (y que es imposible determinar que no fueron escritos directamente por un ser humano), hay quienes desaprueban el entrometimiento de algoritmos en la escritura. La discusión se agita más en la producción

artística (cuentos e historias, música, y arte digital) y al momento de delegar tareas académicas; sin ir muy lejos, la última versión de ChatGPT (famosa inteligencia artificial de la compañía OpenAI), por ejemplo, logró acertar en un 93 % en la última prueba PAES [2]. Ford menciona diversos casos en que IAs han logrado aprobar pruebas de admisión universitarias [1].

Ahora, imaginemos que un estudiante universitario pretende delegar a un software la escritura de un ensayo. ¿Sería injusto que el ayudante del curso también delegara la tarea de revisión a un software? ¿Y si la universidad ahorrara dinero en contratos de ayudantía y contratara softwares que reemplacen a ayudantes? Si bien IAs son utilizadas, hoy en día, no solamente a nivel educacional, sino que en campos tan diversos como es el desarrollo de fármacos y la selección laboral, ¿qué ocurre con pacientes y profesionales de la salud?

Los ejemplos son diversos: Ford [1] retrata cuatro áreas de importancia en la automatización contemporánea en el ambiente clínico-diagnóstico. La



primera es la aplicación directa de las en medicina. Casos como el de la IA llamada Watson (de IBM), que fue utilizada para crear un sistema asesoría oncológica interactiva para pacientes con leucemia (consultando artículos académicos publicados en más de 5.000 revistas científicas); el de la *Mayo Clinic* que utilizó una IA para diagnosticar endocarditis prescindiendo de procedimientos invasivos; o de softwares que utilizan sistemas de procesamiento y reconocimiento de imagen para acelerar el trabajo de radiólogos de 30 a 3 minutos, son ilustrativos de como las ciencias computacionales de vanguardia inciden en el bienestar humano.

Aquella tecnología también se ha utilizado para la detección de patógenos [3] con la finalidad de avanzar a una microbiología clínica menos laboriosa, y así poder diagnosticar patologías de forma más expedita. De hecho, aquellos dos ejemplos de IA asociadas-a-imagen y aplicadas a salud, son de relevancia para Chile si se considera facilitar la asistencia médica a zonas que presentan problemas en el acceso a profesionales de la salud, sobre todo a especialistas. Aquello podría articularse como parte del combate al rampante centralismo nacional; sin embargo, buscar soluciones de alta tecnología en el vacío, solamente “porque se puede hacer”, resulta peligroso.

Junto a la robotización de hospitales, Ford [1] también argumenta que el flujo constante, tratamiento, y manejo de datos biométricos representaría el futuro de la medicina preventiva. Sensores de glucosa y medidores de frecuencia cardíaca conectados a smartphones ya son realidad, pero ¿qué otro tipo de datos podremos coleccionar con los chips biométricos del futuro? ¿Qué tipo de investigación nacional, y regional, es posible desarrollar al respecto? ¿Qué otros ejemplos de innovaciones tecnocientíficas podrían ser disruptivas para la práctica las ciencias médicas y el quehacer del sistema sanitario? ¿Cómo evaluar, en forma temprana, si su implementación tiene/tendría sentido societal?

En este contexto, desde la Universidad de Atacama (en conjunto con la Universidad de Santiago de Chile y la Universidad de Valparaíso) creemos que es posible desarrollar investigación que aborde aquellas preguntas. Por ello, con un equipo interdisciplinario hemos ideado un proyecto titulado “El Modelo de Atacama de Innovación Ciudadana en Biotecnología”, el

cual esperamos logre ser financiado a partir de 2024 y comenzar a explorar respuestas empíricas.

Nos hemos situado en intersecciones interdisciplinarias que incluyen, pero no se limitan a, la bioquímica y microbiología; la ciencia de proteínas; la ingeniería metabólica; la biología molecular; la bioinformática; la biotecnología microbiana y ambiental; la biología sintética; la sociología y la antropología de la medicina; el diagnóstico clínico; la filosofía de la ciencia; la filosofía de la tecnología; ciencias de la educación; la comunicación y divulgación científica; la bioética; los estudios de ciencia y tecnología; entre otros.

Puntualmente, pretendemos centrarnos en artefactos tecnológicos tan discretos como maleables: biosensores. Un biosensor es un instrumento analítico que permiten la detección de sustancias químicas y que en su confección posee un elemento biológico (una enzima, ADN/ARN, o un cultivo microbiano). Biosensores se pueden desarrollar para detectar en forma sencilla (sin aparataje especializado como termocicladores o espectrómetros de masa) y rápida (tests que tomen no más de una hora en entregar resultados) metales pesados, patógenos, disruptores endocrinos [4], marcadores moleculares de cáncer [5], entre otros. Teóricamente, cualquier molécula podría ser detectada a través de un biosensor. No obstante, para hablar de biosensores en medicina, es necesario contextualizar la medicina actual a nivel biotecnológico.

Históricamente, la medicina ha existido entrelazada a descubrimientos e innovaciones tecnocientíficas. Por ejemplo, la pasteurización (y la teoría microbiana de la enfermedad), los antibióticos (y la microbiología fúngica), la producción de medicamentos recombinantes (la biología molecular), y la fecundación asistida (la embriología), poseen –entre otros– tres elementos en común. En primer lugar, impactaron los tratamientos clínico-farmacológicos, y, por ende, el curso de la medicina del siglo XX. Segundo, han incidido en la vida de millones. Se estima, por ejemplo, que más de 8 millones de personas han nacido por fertilización *in vitro*. Y, finalmente, transitaron desde un estado controversial a ser una realidad ampliamente deseable. Con ello en consideración, a los biosensores hay que situarlos en un periodo histórico en que la medicina contemporánea está siendo guiada por un



evento tecnocientífico en particular, y sin precedentes, que podría reunir las tres características mencionadas en párrafo anterior.

Fue el vehículo para la “creación” de las primeras personas modificadas genéticamente (en 2018 las gemelas Lulu y Nana fueron alteradas genéticamente a nivel embrionario con la finalidad de hacerlas resistentes a VIH ya que su padre era seropositivo). CRISPR (por sus siglas en inglés “*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*”), como técnica de edición genética es más sencilla, maleable, y económicamente viable que métodos que le precedían, pero también incide en cuestionar cómo (re)definimos los límites entre lo terapéutico y el mejoramiento; y también, los límites mismos de la vida.

CRISPR no solamente permite la modificación de la línea germinal. Seres humanos ya nacidos son tratados con herramientas-CRISPR a nivel terapéutico. Cegueras congénitas, infecciones virales, anemia drepanocítica, betatalasemia, cánceres, entre otras patologías, han sido tratadas con éxito con CRISPR [6]. Por otro lado, y en sintonía con nuestra propuesta de proyecto, CRISPR llega la sociedad civil en forma de diagnósticos moleculares directo-al-consumidor que utilizan biosensores basados-en-CRISPR. Por ejemplo, test rápidos para detectar SARS-CoV-2 (utilizando tecnología CRISPR) fueron rápidamente desarrollados en Estados Unidos para responder a la pandemia que azota al mundo desde 2020 [7]. CRISPR llega, también, a bolsas de comercio en forma de acciones financieras.

Con más de 30 compañías estadounidenses en juego [8] (en 2021), más de 120 ensayos clínicos alrededor del mundo [6], y diversas universidades e institutos en disputa legal por su propiedad intelectual, es relevante comprender que el periodo-CRISPR en la salud contemporánea va mucho más allá de la producción de embriones humanos modificados genéticamente y que su naturaleza disruptiva, en el horizonte médico, se expresa tanto a nivel terapéutico como de diagnóstico, y como fuerza económica. De este modo, la realidad CRISPR-eante en que aterriza cualquier biosensor a desarrollar no puede darse por sentado.

En concreto, la potencial implementación del proyecto “El Modelo de Atacama de Innovación Ciudadana en Biotecnología” pretende desarrollar

procesos de coproducción en que artefactos biotecnológicos de última generación (biosensores) pueden ser plataformas para la resolución de problemas locales (explorando las tres provincias de Atacama) y donde profesionales operen como facilitadores en lugar de expertos. Y que así, valores sociotécnicos puedan incorporarse en el diseño mismo de artefactos biotecnológicos.

Se espera que la innovación financiada con fondos públicos sea vista como una actividad colectiva donde ciudadanos no solamente sean actores con opinión *a posteriori*, sino que también participantes activos de la producción de artefactos tecnológicos. Así, sería posible estudiar el efecto (en el diseño mismo de un artefacto tecnológico) de Evaluaciones de Tecnología de carácter constructivo y participativo, pero ¿qué significa todo esto en la práctica?

En menos de 100 páginas la OTA estadounidense comentaba en 1976 sobre nueve tecnologías en salud (entre ellas las vacunas para la polio y rubéola, el CAT-escáner, y corazones artificiales) [9]. Aquel documento representa el auge y asentamiento de un área multidisciplinaria de análisis de políticas en ciencia y tecnología: las Evaluaciones de Tecnología. Ésta, se terminaría sistematizando en diversos países y adoptan naturaleza propia dependiendo de la nación y las instituciones que las implementan.

Existente entre los años 1972 y 1995 la Oficina de Evaluación de Tecnología (OTA por sus siglas en inglés) estadounidense, fue una institución única que sin militancia política e independiente de gobiernos de turno albergó a cientos de profesionales y emitió reportes para asesorar al Congreso estadounidense durante casi 25 años en materia de ciencia y tecnología. Si bien acabó de manera abrupta cuando el Partido Republicano tomó control del congreso y la desfinanció, en su cuasi cuarto de siglo produjo cerca de 750 reportes sobre diversos temas desde la lluvia ácida hasta detectores de mentiras, pasando por el cambio climático, la energía nuclear y los organismos genéticamente modificados.

La herencia de la OTA quedó plasmada en instituciones similares que emergieron en la Unión Europea y Reino Unido. Y, si bien en otros países no existe un organismo nacional oficial dedicado a aquello, Evaluaciones de Tecnología sí son llevadas a cabo por

2023;2(1):1-5.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.



organizaciones sin fines de lucro y/u organismos del Estado, sobre todo en el área de la salud. Ocurre en Chile también. Por ejemplo, se ha establecido paralelos entre el análisis de fármacos canadiense y la reciente Ley Ricarte Soto [10]. Esta última, después de un análisis técnico, garantizó el diagnóstico y tratamiento de 25 enfermedades de alto costo para toda la ciudadanía [11]. Sin embargo, una gran deuda de las Evaluaciones de Tecnología se presenta en el cómo controlar La Política dentro de las políticas. El balance de poder, la representatividad, la deliberación, la participación ciudadana, entre otros aspectos, son tomados en cuenta en Evaluaciones de Tecnología llamadas “participativas”. En ellas, diversos actores de la sociedad civil (no solamente expertos) son llamados a evaluar el futuro de ciertas tecnologías. Por esto, y como se mencionó anteriormente, en “El Modelo de Atacama de Innovación Ciudadana en Biotecnología” pretendemos realizar Evaluaciones de Tecnología (para biosensores) de forma participativa.

De este modo, esperamos que el rol de profesionales de sociología y filosofía de la tecnología, trabajo social, y salud pública, sea gravitante en este aspecto. Finalmente, ya que el objetivo no es evaluar biosensores ya desarrollados, sino que evaluar el “diseñar biosensores a desarrollar”, las Evaluaciones necesitan también ser “constructivas”. El carácter constructivo de una Evaluación de Tecnología [12] emerge cuando lo que se está evaluando no existe aún, o bien está en etapa inicial. La intención es que la sociedad civil se suba al carro de la innovación durante el proceso como productor-deliberante y no después como votante.

Imaginemos que una opción es producir un test-rápido que en 20 minutos detecte contaminantes de la minería (un problema común la región de Atacama) y que para informar resultados emitiera olor, vibración, o calor. Tal vez es irrelevante para la mayoría de la población, pero ¿qué pensaría una persona ciega cuando está evaluando el diseño mismo de esta futura tecnología? La experiencia colectiva de un grupo social en particular puede determinar el curso del diseño final de un artefacto tecnológico. En la práctica, por ejemplo, este problema ocurre con la privacidad inexistente para personas con discapacidad visual al momento de realizarse pruebas de embarazo. Un diseño tecnocientífico realmente justo consideraría aquello; y así, ingenieros se transforman en facilitadores de que un valor moral y derecho humano (la privacidad) esté inserto en el diseño mismo de un artefacto tecnológico.

Creemos que Evaluaciones de Tecnología constructivas y participativas abren la puerta a una innovación biotecnológica de punta en el área de la salud, pero es necesario evaluar en la práctica cómo la sociedad civil, con su diversidad, responde a tales procesos productivos. Creemos en el potencial sinérgico de la innovación social, y desde Atacama, desde su ciudadanía, a través de su universidad pública, pretendemos poner una primera piedra en la innovación ciudadana de carácter regional. Si nuestra propuesta de proyecto es financiada, esperamos reunir evidencia que nos permita avanzar a una producción tecnocientífica justa e inclusiva, y que aquello sea un modelo con potencial de ser aplicado a otras realidades regionales con sus diferentes, únicos, y propios requerimientos y problemáticas.

REFERENCIAS

1. Ford M. *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York: Basic Books a member of the Perseus Books Group; 2015.
2. Mack, A. P. (2023, April 24). ChatGPT respondió la última prueba PAES: estos fueron los sorprendentes resultados de la Inteligencia Artificial. *La Tercera*. Disponible en <https://www.latercera.com/tendencias/noticia/chatgpt-respndio-la-ultima-prueba-paes-estos-fueron-los-sorprendentes-resultados-de-la-inteligencia-artificial/DKYZ2UYWLRAOBJXEUPXA5AEIM/>



3. Kim G, Ahn D, Kang M, Park J, Ryu D, Jo Y, et al. Rapid species identification of pathogenic bacteria from a minute quantity exploiting three-dimensional quantitative phase imaging and artificial neural network. *Light: Science & Applications*. 2022;11(1).
4. Thavarajah W, Verosloff MS, Jung JK, Alam KK, Miller JD, Jewett MC, et al. A primer on emerging field-deployable synthetic biology tools for global water quality monitoring. *npj Clean Water*. 2020;3(1).
5. Li M, Jiang F, Xue L, Peng C, Shi Z, Zhang Z, et al. Recent Progress in Biosensors for Detection of Tumor Biomarkers. *Molecules*. 2022;27(21):7327.
6. Henderson H. Ensayos clínicos CRISPR: una actualización en 2022 [Internet]. Innovative Genomics Institute (IGI). Disponible en: <https://innovativegenomics.org/es/news/crispr-clinical-trials-2022/>.
7. Ray M. Mammoth Biosciences Receives FDA Emergency Use Authorization for First CRISPR-based High-Throughput COVID-19 Test [Internet]. [www.businesswire.com](https://www.businesswire.com/news/home/20220124005618/en/Mammoth-Biosciences-Receives-FDA-Emergency-Use-Authorization-for-First-CRISPR-based-High-Throughput-COVID-19-Test). 2022 [consultado 5 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.businesswire.com/news/home/20220124005618/en/Mammoth-Biosciences-Receives-FDA-Emergency-Use-Authorization-for-First-CRISPR-based-High-Throughput-COVID-19-Test>.
8. Prabhu M. Synthego. Full Stack Genome Engineering [Internet]. www.synthego.com. Disponible en: <https://www.synthego.com/blog/crispr-startup-companies>
9. United States Congress. U. Development of Medical Technology: *Opportunities for Assessment*. 1976.
10. Mansilla C, Kuhn-Barrientos L, Celedón N, de Fera R, Abelson J. Health technology assessment processes: a North-South comparison of the evaluation and recommendation of health technologies in Canada and Chile. *International Journal of Health Governance*. 2022;27(3):312–28.
11. Armijo N, Espinoza M, Zamorano P, Lahoz D, Yañez T, Balmaceda C. Análisis del proceso de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del Sistema de Protección Financiera Para Diagnósticos y Tratamientos de Alto Costo en Chile (Ley Ricarte Soto). *Value Health Reg Issues*. 2022;32:95-101.
12. Rip A. Constructive Technology Assessment. *Futures of Science and Technology in Society*. 2018;97–114.

