

**De la interoperabilidad de datos  
a la “interoperabilidad moral” en la  
arquitectura mundial de datos sanitarios:  
caso de uso integrado de análisis ético  
computacional impulsado por IA  
con puntuación de propensión bayesiana  
y análisis de costos y beneficios que  
optimizan la eficiencia y la equidad en  
el cáncer colorrectal**

**From data interoperability  
to ‘moral interoperability’ in the global  
health data architecture:  
integrated use case of AI-driven  
computational ethical analysis with  
Bayesian-propensity score and  
cost-benefit analyses optimizing  
efficiency and equity in colorectal cancer**

***Dominique J Monlezun\****

School of Bioethics, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia

---

\* Departamento de Cardiología, The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX, USA, UNESCO Cátedra de Bioética y Derechos Humanos, Roma, Italia, School of Bioethics, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia, and Universidad Anáhuac México, Ciudad de México, México, Center for Artificial Intelligence and Health Equities, Global System Analytics & Structures, New Orleans, LA, USA. Correo electrónico: [Dominique.J.Monlezun@uth.tmc.edu](mailto:Dominique.J.Monlezun@uth.tmc.edu)  
<https://orcid.org/0000-0001-7671-1886>

**Claudia Sotomayor\*\***

School of Bioethics,  
Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia

**Maria Ines Girault\*\*\***

School of Bioethics,  
Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia

**Alberto Garcia\*\*\***

School of Bioethics,  
Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia

**Colleen Gallagher\*\*\*\*\***

School of Bioethics,  
Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia

<https://doi.org/10.36105/mye.2024v35n4.02>

---

\*\* UNESCO Cátedra de Bioética y Derechos Humanos, Rome, Italy, School of Bioethics, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia, and Universidad Anáhuac México, Ciudad de México, México, Pellegrino Center for Clinical Bioethics, Georgetown University, Washington, D.C., USA. Correo electrónico: [csotomayor@unescobiochair.org](mailto:csotomayor@unescobiochair.org) <https://orcid.org/0000-0001-7408-5180>

\*\*\* School of Bioethics, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia and Universidad Anáhuac México, Ciudad de México, México. Correo electrónico: [maria.girault@anahuac.mx](mailto:maria.girault@anahuac.mx) <https://orcid.org/0009-0000-8363-7506>

\*\*\*\* UNESCO Chair in Bioethics & Human Rights, Rome, Italy, School of Bioethics, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, Roma, Italia, and Universidad Anáhuac México, Ciudad de México, México. Correo electrónico: [alberto.garcia@upra.org](mailto:alberto.garcia@upra.org) <https://orcid.org/0000-0001-9090-0966>

\*\*\*\*\* UNESCO Chair in Bioethics & Human Rights, Rome, Italy, Pontifical Academy for Life, Roma, Italia, Section of Integrated Ethics, The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX, USA. Correo electrónico: [cmgallagher@mdanderson.org](mailto:cmgallagher@mdanderson.org) <https://orcid.org/0000-0003-1100-726X>

Recepción: 15/12/2023 Aceptación: 19/03/2024

## Resumen

El aumento de los costos sanitarios y financieros de las enfermedades, las discapacidades y las disparidades respalda la aceleración mundial de los intereses y las inversiones en IA (inteligencia artificial) sanitaria para lograr soluciones sanitarias mejores, más baratas, más rápidas y justas a escala mundial y local. Sin embargo, no existe un consenso sobre la aplicación práctica de los principios de la IA responsable en diversos sectores, estados y sistemas de creencias de todo el mundo. Este estudio de prueba de concepto utiliza el marco ético pluralista global (el Contrato Social Personalista) para proporcionar, por tanto, el primer análisis conocido de ética computacional (AiCE, por sus siglas en inglés) y política basado en IA aumentada bayesiana que integra análisis clínicos, de rentabilidad y de disparidades en la atención sanitaria con datos representativos a nivel nacional para estimar el costo global de las disparidades en la atención sanitaria en la colonoscopia (CS, por sus siglas en inglés) y el ahorro de la CS habilitada por IA para reducirlas. El estudio sugiere que revertir las disparidades raciales, en particular entre hispanos y asiáticos, puede ahorrar a los sistemas sanitarios estadounidenses 17.610 millones de dólares al año, con un ahorro potencial de 625,40 millones de dólares para los hispanos y 289 millones de dólares para los asiáticos en particular (con un ahorro similar para las comunidades vulnerables en países de ingresos medios y bajos). Los resultados anteriores respaldan el imperativo de ahorro de costos que supone la inversión estratégica y de capacitación en estas medidas impulsadas por la IA para mejorar los objetivos estratégicos de sostenibilidad, eficacia, eficiencia y equidad (SEEE) de la atención sanitaria. Estos resultados empíricos informan el argumento bioético global más amplio de las dimensiones gemelas de la dignidad y la seguridad humanas (arraigadas en el relato personalista, multicultural y metafísico de la persona como miembro de la familia humana global) para destacar el imperativo ético de la IA para optimizar el rendimiento del ecosistema sanitario digital global. Semejante fin instrumental es un medio decisivo para avanzar hacia el fin último del bien común, en el que se salvaguarda el bien individual de cada persona y en el que éste encuentra su realización trabajando hacia él.

*Palabras clave:* colonoscopia, rentabilidad, disparidades, IA, interoperabilidad moral.

## 1. Introducción

Existe un amplio consenso multisectorial a escala internacional, agudizado por la pandemia de COVID-19, en el sentido de que la asistencia sanitaria moderna no consigue prestar de forma sistemática y equitativa una atención de calidad, segura, asequible y accesible (1). En promedio, los pacientes pueden recibir sólo la mitad de la atención estándar basada en la evidencia, hasta el 75% de los diagnósticos pueden ser inexactos (especialmente en los países de ingresos bajos y medios), el error médico puede ser tan alto como la tercera causa médica principal de muerte, y a pesar de la duplicación de los costos sanitarios y el crecimiento explosivo de las disparidades en los últimos 20 años, la calidad y la seguridad de la atención no han mejorado de forma sostenible (2-5). Un análisis realizado en 2020 por la Universidad de Harvard concluyó que la pandemia ha puesto de manifiesto “la vacuidad de la retórica de la equidad en la salud mundial, las deficiencias de una agenda sanitaria mundial impulsada por la seguridad sanitaria y las repercusiones negativas que tienen en la salud las diferencias de poder, no solo a escala mundial, sino también regional y local”, y, por lo tanto, fortalece el imperativo de que la atención médica moderna “reimagine y repare los sistemas rotos de la salud global”, sobre todo teniendo en cuenta que la atención sanitaria requiere cadenas de suministro globalizadas y la colaboración de diversos socios (6). En consecuencia, existe un creciente interés público-privado por una transformación digital innovadora y ética de los sistemas sanitarios impulsada por la inteligencia artificial (IA) que sea eficiente, transparente, segura, fiable y justa (1,7). Entender la asistencia sanitaria como un ecosistema sanitario global e integrarla en el ecosistema digital global impulsado por la IA del Internet de las Cosas ya está permitiendo cosechar éxitos a escala internacional: la integración de una miríada de actores (hospitales, clínicas, médicos, ejecutivos, empresas, firmas tecnológicas, organizaciones comunitarias y gobiernos que abarcan diversos sistemas de creencias y naciones) para aprovechar sus capacidades complemen-

tarias para las subsiguientes tecnologías explosivas multiplicadoras de fuerza (vinculación de datos y capacidades de teléfonos inteligentes, dispositivos móviles y de monitorización remota, historias clínicas electrónicas (HCE), cuadros de mando empresariales, fuentes de datos públicas, redes sociales y arquitectura y computación de datos basada en la nube) para ofrecer una atención más precisa, asequible, rápida, adaptable, personalizada y equitativa (lo que en última instancia supone un mayor valor añadido a nivel individual y poblacional) (1,8-10). En medio de la dramática escalada de 2022 conflictos geopolíticos y tensiones económicas que socavan la atención sanitaria en un mundo cada vez más multipolar, existe, sin embargo, una confianza sostenida en el beneficio neto sustantivo para pacientes, proveedores y pagadores en todos los sistemas de atención sanitaria, sistemas de creencias y naciones para disponer de una IA sanitaria que proteja la dignidad humana individual, al tiempo que fomente la seguridad humana, la estabilidad social, la prosperidad económica y, por tanto, la seguridad nacional, optimizando el bienestar, la equidad y la productividad de las poblaciones (11).

Sin embargo, este progreso se ve socavado por la escasez de metodologías de IA sanitaria eficaces, prácticas e integradas que creen, desplieguen y optimicen iterativamente una IA sanitaria ética y de éxito a escala. Una IA técnicamente eficaz no es necesariamente lo mismo que unas herramientas clínicamente relevantes o que sean rentables o socialmente equitativas para permitir su ampliación y sostenibilidad. Por lo tanto, se ha desarrollado y desplegado AiCE o análisis de políticas y ética computacional impulsado por IA (AiCE, por sus siglas en inglés) para integrar análisis clínicos, éticos y de rentabilidad para la optimización del sistema sanitario a nivel estratégico, organizativo y clínico de forma simultánea mediante una integración completa, integrada y sin fisuras en los flujos de trabajo clínicos y las culturas únicas de los sistemas sanitarios dentro de sus estructuras económicas políticas, de arquitectura de datos y organizativas generales (1,12).

Sin embargo, siguen siendo escasas las demostraciones exhaustivas de pruebas de concepto de este tipo de enfoque, por no hablar

de su viabilidad práctica y su rentabilidad superior a la de los enfoques alternativos o fragmentarios, lo que ralentiza aún más el éxito de la transformación impulsada por la IA de los sistemas sanitarios basados en el valor. La sanidad parece necesitar cada vez más la IA, y la IA necesita demostraciones clínicas y económicas satisfactorias para que la sanidad adopte la tecnología de forma ética, responsable y sostenible. Para avanzar en la IA ética, parece que también se necesitan demostraciones clínicas y económicas complementarias. Dos recientes revisiones sistemáticas de los estudios de rentabilidad de la IA sanitaria demuestran que, de los 5.704 estudios candidatos realizados hasta la fecha, la inmensa mayoría se limitan a Estados Unidos y carecen de metodologías suficientemente detalladas para permitir su reproducción, de una calificación de alta calidad, de un enfoque en las comunidades desatendidas y de bajos ingresos (desproporcionadamente preparadas para beneficiarse de esta tecnología) y de una integración integral o, al menos, de la viabilidad de una adopción sostenible por parte de los flujos de trabajo y las estructuras existentes en los sistemas sanitarios (1,13-14). El histórico informe de 2021 de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la ética mundial de la IA supuso un importante paso adelante al proporcionar seis principios consensuados sobre la ética sanitaria de la IA (15). Y, sin embargo, hasta la fecha apenas existen publicaciones o estudios que desplieguen un enfoque global, exhaustivo, integrado y concreto que traduzca los principios generales en orientaciones pertinentes, utilizables, defendibles y en tiempo real, y que aumente la toma de decisiones estratégicas, organizativas y clínicas para prevenir, mitigar y resolver los dilemas éticos de la IA (1,16). Lamentablemente, esta ausencia no hace sino socavar la fiabilidad de los algoritmos de IA (ya que los ingenieros que los diseñan carecen por lo general de la formación ética y clínica necesaria para que sean defendibles y pertinentes para la atención sanitaria) y su fiabilidad (ya que los supuestos ocultos de dicha IA limitan el escrutinio multidisciplinar, el debate y la toma de decisiones basada en el consenso de forma que se respeten los valores, objetivos y prioridades, a menudo contrapuestos y en

conflicto, de los diversos actores que constituyen el ecosistema sanitario mundial y sus sistemas sanitarios incluidos).

Por lo tanto, este documento presenta una serie de novedades conceptuales y prácticas para una sanidad transformada por la IA que optimice la sostenibilidad, la eficacia, la eficiencia y la equidad (SEEE) como criterios definitorios de este modelo emergente del futuro de la sanidad impulsado por la IA. Con este objetivo, este documento es el primero en demostrar los siguientes avances analíticos: análisis ético computacional global de la IA (centrado en el caso de uso concreto del cáncer colorrectal (CCR)), análisis mejorado con IA para este tipo de análisis exhaustivo que integra dimensiones clínicas, de costos y éticas, análisis bioético global basado explícitamente en diversos sistemas éticos y de creencias, análisis que destaca la reducción de disparidades haciendo hincapié en los países y sistemas sanitarios con menores ingresos, y aplicación práctica de estos resultados analíticos en el sistema sanitario digital global en el que operan los sistemas sanitarios del mundo. El CCR se seleccionó como el dominio clínico primario dada su relevancia internacional y los crecientes casos de uso de IA en él, además de los impactos clínicos, económicos y de salud pública del CCR, que actualmente es el tercer cáncer más común a nivel mundial, cuesta más de 190 mil millones de dólares en todo el mundo, inflige una carga desproporcionada según la región, y, sin embargo, es generalmente prevenible (a través de cambios de comportamiento de bajo costo y la detección precoz, que, sin embargo, es deficiente, especialmente en las comunidades de bajos ingresos, y podría abordarse mediante la colaboración eficaz entre los socios en el ecosistema mundial que comparten conocimientos técnicos y clínicos y recursos mejorados por la IA) (17).

## 2. Métodos

### 2.1. Fuente de datos

La fuente de datos para este estudio es el mayor conjunto de datos administrativos de asistencia sanitaria para pacientes hospitalizados

de EU disponible públicamente que abarca aproximadamente 4500 hospitales en 50 estados, la Muestra Nacional de Pacientes Hospitalizados (NIS), patrocinada por la Agencia para la Investigación y Calidad de la Asistencia Sanitaria (AHRQ) dentro del Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) de EU (18). A partir de 2016, la NIS adoptó la Clasificación Internacional de Enfermedades, Décima Revisión, Modificación Clínica (CIE-10-CM). El conjunto de datos incluye características demográficas, de comorbilidad, de procedimiento, de complicaciones, de mortalidad, de duración de la estancia, de costo total y hospitalarias para cada hospitalización. Los conjuntos de datos NIS de 2016, 2017 y 2018 se seleccionaron para este estudio, ya que se encuentran entre los últimos conjuntos de datos disponibles y son los primeros en utilizar la codificación CIE-10, por lo que reflejan mejor las tendencias clínicas actuales en diagnósticos, tratamientos y resultados en comparación con años anteriores. Los criterios de inclusión del estudio incluyeron todas las hospitalizaciones en el SNI de adultos de 18 años o más durante los periodos de tiempo indicados anteriormente. Según el DHHS de EU y la Oficina Nacional de Investigación Económica, no se requiere la revisión de una Junta de Revisión Institucional (IRB, por sus siglas en inglés) para el SNI en virtud de la Regla de Privacidad de la HIPPA, ya que el SNI es un conjunto de datos limitado (en el que se han eliminado 16 identificaciones directas especificadas por la Regla de Privacidad) (19-20). Este estudio utilizó datos no identificados y se realizó de acuerdo con los principios éticos de la Declaración de Helsinki.

## *2.2. Diseño del estudio*

Para llevar a cabo un análisis más exhaustivo y aplicable de forma más amplia y práctica en los sistemas sanitarios actuales, el análisis primario consistió en AiCE según su primer paso empírico (clínico y luego económico) y luego el segundo paso ético-político utilizando el marco ético del Contrato Social Personalista (CSP). El primer paso empírico consistió en un análisis de cohortes multicéntrico longitu-

dinal retrospectivo representativo a nivel nacional del costo total entre todos los adultos hospitalizados. Además, se utilizó la regresión multivariable ajustada por puntuación de propensión aumentada por aprendizaje automático (ML-PSr) dentro de la estadística traslacional de puntuación de propensión aumentada por aprendizaje automático BAYesian (BAM-PS). A continuación, se realizó un análisis de costos utilizando los resultados clínicos anteriores. A este paso empírico le siguió el paso ético-político final, en el que los resultados empíricos mejorados por IA informaron un análisis bioético global basado en el pluralismo para optimizar la atención equitativa a las poblaciones de pacientes mencionadas.

### *2.3. Análisis estadístico de regresión, análisis de aprendizaje automático y descripción general de la optimización del modelo*

El resultado primario fue el costo total de hospitalización (en dólares estadounidenses (\$)) y el resultado secundario fue la mortalidad de los pacientes hospitalizados (sí/no). Para maximizar la probabilidad de obtener resultados válidos y reproducibles interna y externamente, se optimizó el rendimiento del modelo de regresión de acuerdo con el siguiente proceso secuencial. En primer lugar, se identificaron variables clínicas o estadísticamente significativas en la literatura existente, la práctica clínica y el análisis bivariado para tenerlas en cuenta en los modelos de regresión finales. En segundo lugar, esas variables se incluyeron en la regresión escalonada hacia adelante y hacia atrás para aumentar la toma de decisiones sobre las variables finalmente incluidas en los modelos de regresión finales; la puntuación de propensión para el SC se creó basándose adicionalmente en el protocolo siguiente y se incluyó como variable ajustada en el modelo de regresión. En tercer lugar, los resultados de la regresión se compararon con los generados por la red neuronal ML de propagación hacia atrás para garantizar la comparabilidad por error cuadrático medio y precisión. En cuarto lugar, el rendimiento del modelo de regresión se evaluó adicionalmente con una matriz de correlación, el

área bajo la curva, la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow, el criterio de información bayesiano de Akaike y Schwarz, el factor de inflación de la varianza y la tolerancia, la multicolinealidad y el error de especificación. En quinto lugar, los modelos se ejecutaron iterativamente para afinar los modelos hasta que el proceso anterior confirmó el rendimiento óptimo con los modelos finales y las variables incluidas.

#### *2.4. Estadística traslacional de puntuación de propensión aumentada por aprendizaje automático Bayesiano (BAM-PS)*

Las estadísticas BAM-PS se realizaron en el SNI para fundamentar el análisis costo-beneficio. BAM-PS es una novedosa metodología analítica híbrida que combina ML-PSr (para metodología estadística tradicional con análisis de puntuación de propensión basado en inferencia causal, aumentado por ML capaz de manejar flujos de datos de mayor dimensión, más complejos y rápidos) con análisis bayesiano (con antecedentes informativos integrados con resultados de ML-PSr) (21-23). La BAM-PS trata de preservar la validez interna en la metodología analítica al tiempo que la amplía (es decir, reduciendo la probabilidad de variables omitidas relevantes) y la validez externa (al aumentar la generalización a través de una mayor cantidad de fuentes de datos para reflejar con mayor exactitud y precisión la práctica clínica del mundo real en tiempo real para obtener predicciones más oportunas, precisas y relevantes para aumentar la toma de decisiones organizativas y clínicas en el mundo transformador y aumentado por la IA sistemas de salud). BAM-PS permite vincular conjuntos de datos y flujos de datos de forma directa (mediante integración) e indirecta (mediante priores informativos). La justificación para el uso del conjunto de datos NIS y el ML-PSr subyacente a BAM-PS con él (con la justificación incluyendo sus ventajas comparativas frente a la competencia estadística, AI, híbrido estadístico-AI, y otras técnicas de inferencia causal) se documentan en los estudios previos citados anteriormente. La regresión dentro de ML-PSr se

realizó para el costo total de hospitalización y la mortalidad. Primero se creó la puntuación de propensión para la probabilidad de someterse a CS (utilizando las mismas variables anteriores utilizadas en el modelo de regresión final dado el método de ajuste de puntuación de propensión doble), se confirmó un equilibrio entre bloques y, a continuación, se incluyó la puntuación de propensión en los modelos de regresión finales como variable ajustada (24-25). De este modo, se evaluaron las disparidades sociodemográficas de los costos totales de hospitalización en los NEI con BAM-PS entre los pacientes estadounidenses y, a continuación, se extrapolaron a la población mundial, ajustándolas a la distribución de la población mundial y a la utilización y los costos sanitarios medios de cada país (en general, los gastos y la tasa de hospitalización son inferiores fuera de EU (26-30).

### *2.5. Análisis costo-beneficio*

El análisis costo-beneficio se realizó según la técnica ampliamente utilizada citada por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de EU como la valoración monetaria de una intervención (CS con IA) menos los costos de implantación de la intervención en dólares estadounidenses (31). Los costos de implantación de la IA se calcularon como los costos medios por CS de las IA disponibles en el mercado estadounidense (en octubre de 2020), con una tasa de descuento del 3% anual para los costos futuros (32). Los costos clínicos directos e indirectos se calcularon utilizando una perspectiva social (que abarca a pacientes, familias, empleadores y sistemas sanitarios) basada en la literatura revisada por pares y las tasas de reembolso de 2018 de los Centros para el Servicio de Medicare y Medicaid, incluidos los costos de los CS de cribado (suponiendo una aceptación del 60% de la población de cribado) y los costos de los tratamientos del cáncer (incluidos los necesarios para abordar los eventos adversos del tratamiento) utilizando las directrices actuales de cribado y tratamiento de EU. El beneficio se calculó como la reducción de los costos totales del cribado con o sin IA aumentada

por la reducción de la incidencia de cáncer y la mortalidad, mediante la mejora de la detección y el tratamiento precoz eficaz de las neoplasias precancerosas y cancerosas (utilizando un gradiente de la tasa de detección de adenomas del 28-40%). En la primera fase del análisis costo-beneficio se utilizaron los resultados de un amplio estudio de 100.000 sujetos publicado en la revista *The Lancet*, en el que se utilizaron los datos anteriores para el cribado del cáncer colorrectal en un modelo de microsimulación de Markov para personas estadounidenses de entre 50 y 80 años con un riesgo medio de cáncer colorrectal utilizando tanto exámenes cada 10 años como exámenes de detección CS una vez en la vida. El estudio citado anteriormente fue seleccionado para realizar análisis de costo-beneficio debido a su gran tamaño, reciente y rigurosa metodología, además de la alta carga sanitaria y financiera global del CCR (en detección, tratamiento, morbilidad y mortalidad a nivel individual y poblacional) y la ausencia general de estudios de alta calidad sobre la rentabilidad de la IA en atención médica (incluida la ausencia general de conjuntos de datos para la detección granular de cáncer y precáncer de alta calidad). La segunda fase del análisis costo-beneficio extrapoló los resultados a escala internacional basándose en la distribución global de la población, la utilización de la asistencia y los costos sanitarios medios de cada país para tener en cuenta las diferencias entre EE.UU. y el resto del mundo (mientras se busca minimizar el número innecesario o la complejidad de los supuestos para mejorar la validez y explicabilidad del modelo).

## 2.6. *Análisis ético y político computacional impulsado por IA (AiCE)*

El segundo paso o paso ético-político dentro de AiCE se llevó a cabo integrando los análisis cuantitativos anteriores con un análisis ético utilizando el marco bioético global pluralista del PSC (1,16,33). El PSC es una novedosa integración de la ética moderna (principalmente el contrato social rawlsiano del liberalismo político basado en el utilitarismo, delimitado por la deontología kantiana e informado

por la ética feminista, marxista, deconstruccionista, y ecológica) y la ética clásica (principalmente la ética de la virtud tomista-aristotélica, articulada por la revisión *esse/essence* de William Carlo del Personalismo tomista fuerte de Norris Clarke, una formulación derivada del tomismo como desarrollo de la metafísica del aristotelismo clásico) (34-37). Articula de forma única el fundamento filosófico y el marco de la *Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH)* de las Naciones Unidas de 1948, basada en el principio metafísico primario de la dignidad humana y los derechos y deberes resultantes, que desde entonces ha unido los diversos sistemas de creencias del mundo y 193 naciones en lo que se ha convertido en el marco ético moderno dominante y el fundamento del derecho internacional. Como tal, el PSC implica una defensa ampliada de una metafísica del multiculturalismo que cita explícitamente y se ancla en los diversos sistemas de creencias del mundo (incluidos sus textos canónicos, según proceda) y elabora el consenso convergente sustantivo (no simplemente la superposición al estilo rawlsiano) como la identidad metafísica (no simplemente política) de la persona individualmente, y por tanto los criterios para la justicia y su posterior paz comunitariamente en la comunidad global de personas que comparten una humanidad común. El CPS se eligió además como marco ético principal por razones históricas tras el Llamamiento de Roma a la Ética de la IA de 2020, que sirvió como primera norma mundial intersectorial de ética de la IA para su aplicación práctica. Antes de firmar la declaración, las partes cofirmantes (entre ellas Microsoft, IBM, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el Ministerio de Innovación italiano de la UE y la Ciudad del Vaticano, que representa a través de su academia de bioética a eruditos de las diversas religiones del mundo, afiliadas y no afiliadas) avanzaron primero en su fundamento teórico reconociendo el CPS como parte del premio de la convención a la mejor tesis doctoral del mundo sobre ética de la IA. El consenso del Llamamiento de Roma citó la *DUDH* para fundamentar los principios enumerados de transparencia, inclusión, responsabilidad, imparcialidad, fiabilidad y privacidad

segura para una IA responsable. El CPS detalla y defiende los fundamentos metafísicos y éticos que subyacen a estos principios, al tiempo que demuestra sus aplicaciones concretas. Haciéndose eco de los Principios de Roma, los subsiguientes marcos de 2020 de la Unión Europea y el Departamento de Defensa de EE.UU. condujeron al informe similar de 2021 de la oms (con un importante solapamiento en los principios consensuados para la IA sanitaria), que se basó en esta trayectoria histórica para generar más detalles en este marco de principios informados por la DUDH para hacerlo operativo en la atención sanitaria moderna. Por lo tanto, los Principios de Roma fundamentales (que informaron los estándares éticos globales posteriores de la IA) estaban explícitamente arraigados en la DUDH, y el PSC demuestra filosófica e históricamente su base tomista aristotélica y su marco de contrato social moderno. En la práctica, se eligió además el PSC porque está diseñado para funcionar dentro del diseño integrado, aumentado, automatizado e iterativo de AiCE dentro de las operaciones del sistema sanitario (desde el punto de vista organizativo y clínico), se ha utilizado ampliamente para optimizar la eficiencia y la equidad de la asistencia sanitaria (incluida la salud de la población, el paro cardíaco, COVID-19 y pandemias relacionadas, bioterrorismo y conflictos armados modernos), y proporciona una articulación y defensa sustantivas de la base de interoperabilidad moral crítica para un marco de interoperabilidad de datos eficaz y una orientación estratégica unificadora de los diversos socios en el ecosistema de salud digital global para sobrevivir a los desafíos del siglo XXI y más allá.

### *2.7. Control de calidad, informe de resultados y software analítico*

Un médico-científico de datos académicos, bioestadístico y especialista en ética (DJM) confirmó que los modelos analíticos finales estaban suficientemente respaldados por la literatura existente y las teorías relacionadas. Los resultados de regresión totalmente ajustados se presentaron con intervalos de confianza (IC) del 95% y

la significación estadística se estableció en un valor  $p$  de dos colas  $<0,05$ . El análisis estadístico se realizó con STATA 17.0 MP edition (STATA Corp, College Station, TX, EU), y los análisis ML se realizaron con Java 9 (Oracle, Redwood Chores, CA, EU).

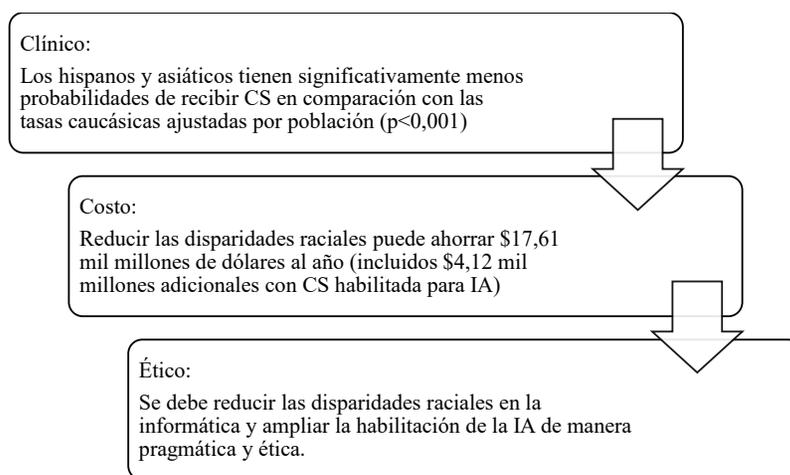
### 3. Resultados

#### *3.1. Disparidades sanitarias y análisis costo-beneficio de BAM-PS*

De las 148.755.036 hospitalizaciones de adultos entre 2016 y 2020, 788.402 (0,53%) se sometieron a CS; los hispanos (9,83%) y los asiáticos (2,71%) en comparación con los caucásicos (69,39%) tenían una probabilidad significativamente menor de recibir CS (todos  $p < 0,001$ ) a pesar de que los hispanos, asiáticos y caucásicos representaban respectivamente el 13,09%, el 3,13% y el 63,61% de la muestra total de adultos hospitalizados, como se observa en la Figura 1. En el BAM-PS utilizado en el SNI, hubo un aumento significativo de los costos totales de hospitalización para los siguientes: Hispanos (12.948,12 \$, IC95% 9.455,89-16.440,35;  $p < 0,001$ ) y asiáticos (12.338,22 \$, IC95% 5.959,84-18.716,60;  $p < 0,001$ ) frente a caucásicos, además del cuartil de ingresos más alto (6.779,03 \$, IC95% 3.522,23-10.035,84;  $p < 0,001$ ) frente a los más bajos, independientemente de la gravedad clínica, las comorbilidades y el riesgo de mortalidad calculado por el SNI según el grupo relacionado con la enfermedad (no se observaron otras disparidades sociodemográficas de este tipo, incluidas las debidas al seguro, la densidad urbana o la región, ni tampoco disparidades significativas en la mortalidad de los pacientes hospitalizados en función de las variables anteriores). Esto se traduce en 244,30 millones de dólares y 59,35 millones de dólares extra en disparidades raciales anuales sólo en EU para hispanos y asiáticos respectivamente sometidos a CS, independientemente de los factores de confusión clínicos. Si se tiene en cuenta la distribución de la población mundial, la utilización de la asistencia y los costos sanitarios medios de cada país, esto se traduce en unos costos

anuales de 16.960 millones de dólares y 648,20 millones de dólares en disparidades raciales para los pacientes hispanos y asiáticos que se someten cada año a una cesárea en todo el mundo, en comparación con sus homólogos caucásicos. En el análisis costo-beneficio, la CC con IA frente a la CC sin IA supuso un ahorro global de 3.490 millones de dólares, incluidos 625,40 millones para los hispanos y 289,00 millones para los asiáticos.

**Figura 1.** Análisis integrado de AiCE: resultados clínicos, de costos y éticos computacionales para la utilización equitativa de la colonoscopia (CS) entre 2016 y 2020 en una muestra representativa a nivel nacional de los Estados Unidos (N=788,402)



Fuente: elaborado por los autores.

### 3.2. Análisis de la ética y la política computacionales impulsadas por la IA (AiCE): Contrato social personalista

Los resultados clínicos y económicos anteriores informaron el paso final o enfocado del análisis de políticas éticas de AiCE. El objeto material principal de este análisis ético fue el costo de la atención médica, el contexto principal fue la detección y el tratamiento del

cáncer colorrectal y el objeto formal principal o marco analítico ético es el PSC. Aplicado a esta situación ética concreta, el argumento formal del PSC es el siguiente:

(Premisa 1) El CCR conlleva una elevada carga clínica, de costos y de disparidades en todo el mundo que puede reducirse de forma eficaz y eficiente mediante cambios de comportamiento modificables y el cribado, permitiendo este último, en particular, una intervención temprana antes del diagnóstico y la progresión del cáncer, especialmente clave para los países y los sistemas sanitarios con rentas más bajas.

(Premisa 2) Parece haber disparidades significativas entre los pacientes que se someten a CS por raza e ingresos que no se explican suficientemente por la gravedad clínica, las comorbilidades y otros factores médicos, en particular con las minorías hispanas y asiáticas que tienen costos de hospitalización significativamente mayores con CS en comparación con los caucásicos.

(Premisa 3) La vida y la protección social igualitaria son derechos individuales y estatales fundamentales, derivados lógicamente de la dignidad de la persona humana, centrales para la seguridad humana y nacional, y están consagrados políticamente en las Naciones Unidas, en numerosas instituciones internacionales y en la mayoría de las constituciones y estatutos jurídicos de las naciones.

(Premisa 4) El respeto a la dignidad en el plano individual exige respetar los derechos de la persona a los bienes (empezando por el bien primario de la vida) necesarios para que la persona se desarrolle mediante un compromiso justo y estable con el bien común y, por tanto, con la comunidad en el cuidado recíproco de la persona.

(Premisa 5) El respeto de la dignidad a nivel comunitario exige respetar otras culturas como manifestaciones comunitarias de sus individuos constitutivos que buscan a través de la justicia el bien común (como bien objetivo de la comunidad, que conlleva el bien objetivo del florecimiento individual, experimentado

subjetivamente como el bien individual último de la autorrealización a través de la justicia, completada en el amor, que une a la persona con la comunidad que está unida y animada por la bondad misma).

(Premisa 6) Las disparidades sociales en los resultados de la SC, incluso por raza, pueden producir cargas sanitarias y financieras desproporcionadas en esas subcomunidades sociales, lo que resulta en una amenaza desproporcionada para la preservación de esas personas y culturas relacionadas, y acelera el empobrecimiento de la comunidad humana global con la pérdida o disminución de esos individuos y culturas; tales disparidades socavan aún más la estabilidad económica política de esas sociedades nacionales y globales relacionadas al reducir la equidad, la cohesión y la productividad de la sociedad.

(Premisa 7) La inversión de estas disparidades puede suponer un ahorro de 17.610 millones de dólares anuales en todo el mundo, a lo que puede contribuir el importante ahorro de costos que supone la aplicación de la inteligencia artificial (en particular para los países con rentas más bajas y los sistemas sanitarios con menos recursos para el tratamiento de los CCR).

(Premisa 8) La persistencia de disparidades en el tratamiento eficaz del CCR socava el respeto de los derechos de los pacientes y sus culturas (y su seguridad humana y nacional), que son fundamentales para el bienestar y la estabilidad de las sociedades que engloban a todos los pueblos, culturas y bienes.

(Premisa 9) El despliegue, la optimización y la ampliación satisfactorios de esta mejora de la inteligencia artificial de la sociedad de la información solo pueden aprovechar con éxito esta justificación integrada si se logra la suficiente interoperabilidad moral subyacente a la suficiente interoperabilidad de los datos en el ecosistema sanitario digital global para alinear, unir y potenciar los diversos sistemas sanitarios del ecosistema y sus socios gubernamentales, empresariales y comunitarios hacia el objetivo estratégico compartido de una asistencia sanitaria

basada en el valor que esté informada por el fin último del bien común.

(Premisa 10) La asistencia sanitaria basada en el valor (generada por una calidad suficiente a un costo asequible y escalada a una distribución social justa) requiere una masa crítica, un consenso duradero e institucionalizado de los socios del ecosistema sobre una interoperabilidad moral unificadora que informe sobre la interoperabilidad de datos transparente, digna de confianza y fiable para que el ecosistema digitalizado habilitado por la IA (aprovechando toda su red de tecnologías como la SC aumentada por la IA) ofrezca de forma eficaz y eficiente dicha asistencia sanitaria basada en el valor.

(Premisa 11) Esta interoperabilidad moral que subyace a los diversos sistemas de creencias religiosas afiliadas y no afiliadas del mundo (encarnados en el ecosistema sanitario y los modelos de ecosistemas políticos que compiten, colaboran y entran en conflicto en y entre los que operan socialmente) se basa en la dignidad individual de cada paciente como persona y el respeto resultante debido a las diversas culturas, ambos se nutren, salvaguardan y realizan en el bien común (entendido tanto en su enfoque global dominado por Occidente a través de la dignidad individual como en su enfoque dominado por Oriente/Sur a través de la seguridad humana y nacional socavada longitudinalmente sin ella).

(Conclusión) Por lo tanto, la justificación clínica, económica y ética tanto desde el punto de vista de la dignidad como de la seguridad respalda un mayor enfoque de las políticas sanitarias y la inversión en sistemas sanitarios que reduzcan las disparidades en la SC, especialmente mediante el uso de la mejora de la IA en el ecosistema sanitario digital global acelerado por la IA, realizado con la interoperabilidad moral y la interoperabilidad de datos clave para avanzar en la atención sanitaria hacia el destino compartido, unificador y real del bien común (hacia el que avanzan los ecosistemas en su dimensión de salud en particular) (Figura 1).

## 4. Debate

Este es el primer análisis ético y político computacional con IA y Bayesiana que integra análisis clínicos, de rentabilidad y de disparidades en la atención sanitaria con datos representativos a nivel nacional para estimar el costo global de las disparidades en la atención sanitaria en la sociedad de la información y el ahorro que supondría reducirlas mediante la sociedad de la información basada en IA. El estudio sugiere que revertir las disparidades raciales, especialmente entre hispanos y asiáticos, puede ahorrar a los sistemas sanitarios y a los países 17.610 millones de dólares al año, y que la atención sanitaria asistida por inteligencia artificial podría contribuir con 625,40 millones de dólares para los hispanos y 289 millones de dólares para los asiáticos en particular. Los resultados anteriores respaldan el imperativo de ahorro de costos que supone la inversión estratégica y de desarrollo de capacidades en estas medidas impulsadas por la IA para mejorar la sostenibilidad, la eficacia, la eficiencia y la equidad de los objetivos estratégicos SEEE de la atención sanitaria. Estos resultados empíricos sirven de base al argumento bioético global más amplio de las dimensiones gemelas de la dignidad y la seguridad (arraigadas en el relato personalista, multicultural y metafísico de la persona como miembro de la familia humana global) para destacar el imperativo ético de la IA de optimizar el rendimiento del ecosistema sanitario digital global. Tal fin instrumental es un medio crítico para avanzar hacia el fin último del bien común, en el que se salvaguarda el bien individual de cada persona y en el que encuentra su realización trabajando.

Así pues, este estudio utiliza el análisis ético y político computacional impulsado por IA o AiCE para demostrar lo siguiente (a) la viabilidad de aplicar esta metodología integrada como un enfoque líquido, integrado y sin fisuras para los sistemas sanitarios; (b) su aplicación en áreas específicas de alto valor añadido del ecosistema sanitario (como los elevados costos individuales y sociales del CCR para obtener beneficios resultantes exponenciales, en particular a

través de una mejor prevención); (c) su compatibilidad con la digitalización acelerada por IA del ecosistema sanitario mundial; (d) cómo (c) le permite autoorganizarse, adaptarse y optimizarse iterativamente en tiempo real para una prestación eficiente y equitativa de asistencia sanitaria basada en el valor a nivel mundial (especialmente para las comunidades, sistemas y estados con menores ingresos y recursos) en lo que se ha descrito como el “sistema sanitario pensante” del futuro. 1,12 Este enfoque ético y político computacional global de los flujos de trabajo clínicos y operativos para los sistemas sanitarios ha demostrado anteriormente que puede digitalizarse y traducirse matemáticamente para aumentar la toma de decisiones en tiempo real para los ejecutivos y los médicos del sistema:

$$\begin{aligned} AI\ Health\ Mathematical & \\ &= \left( \text{HealthBD} \right. \\ &\quad \left. \times \left[ \overline{\text{Entrega}} + \sum_{n=1}^{\infty} \{ \text{PrMed} \langle \text{Entrega} \rangle + \text{PubHealth} \langle \text{sin Entrega} \rangle \} \right] \right)^{AI-VBHC} \end{aligned}$$

Trabajos anteriores han mapeado cómo esta ‘Salud AI’ (que es un aprendizaje automático confiable y un codiseño basado en el aprendizaje profundo) es el producto del Big Data de atención médica (HealthBD) y la prestación de atención médica moderna (generada por PrMed o medicina personalizada y PubHealth o salud pública) elevado al poder de AI-VBHC o atención médica basada en valores habilitada por IA. De este modo, la dignidad y la seguridad humanas se digitalizan en las operaciones del sistema en el nivel matemático fundamental de creación y autoadaptación de algoritmos, integrándose así con las HCE para las operaciones clínicas y los cuadros de mando empresariales para las operaciones ejecutivas u organizativas. Además, se ha demostrado que la AI-VBHC es el producto de la AiCE, la IA sanitaria (tanto clínica como operativa) y la asistencia sanitaria basada en el valor (inspirada en la definición de Porter y

Teisberg de 2006, refinada por el énfasis de la Comisión Europea en la equidad):

$$AI - VBHC = AiCE \times ([Clinica + Operativa]_{AI}) \\ \times \left( \frac{Calidad_{Equidad \times Personal \times Social \times Bienestar}}{Costo_{Tiempo \times Capacidad \times Soporte}} \right)$$

Estos avances metodológicos se han simplificado aún más para producir el ADN del sistema sanitario propuesto o la fórmula orgánica para el sistema sanitario pensante del futuro en el que la Salud (H) es el producto de la IA (A) y la equidad (E) al cuadrado:

$$H = AE^2$$

Al igual que el famoso  $E = MC^2$  de Einstein (donde la energía es el producto de la masa y la velocidad de la luz al cuadrado, de forma que describe cómo la energía y la masa pueden ser esencialmente intercambiables), este ADN del sistema describe cómo la “salud humana” y la “inteligencia artificial” pueden llegar a ser intercambiables en un mundo globalizado, digitalizado, pero aún dividido: la salud humana depende de la prestación eficiente de asistencia sanitaria basada en valores a escala que, por tanto, produce resultados equitativos a través de la IA que alcanza su forma optimizada (al convertirse en verdaderamente “inteligente” y, por tanto, en conocedora del bien último (incluido para la humanidad en lo que clásicamente se definía como sabiduría como objeto primario de la filosofía) y de las buenas acciones como objeto primario de la subdisciplina filosófica de la ética). Lo hace al estar limitada por parámetros éticos en los que la dignidad se digitaliza y se incrusta en la optimización técnica del rendimiento algorítmico al estar, en última instancia, estratégicamente orientada al bien común de la familia humana global. La salud

basada en la IA (en la que la prestación de asistencia sanitaria basada en valores y potenciada por la IA con Big Data) que avanza en eficiencia a escala (a nivel individual y de población a nivel mundial) puede empezar a aproximarse a la equidad, lo que indica que el rendimiento de los sistemas que optimizan el bienestar individual se ha logrado simultáneamente a nivel de población, y por lo tanto señala la consecución de una asistencia sanitaria madura potenciada por la IA que está exponenciada en equidad (generando mejoras de órdenes de magnitud en el bienestar con cada unidad de crecimiento adicional de equidad impulsada por la IA). Por lo tanto, en el sistema sanitario del futuro, la salud optimizada es la IA optimizada, la energía que impulsa el futuro de la humanidad en el que nuestra tecnología se utiliza éticamente para el bien común sin sacrificar el del individuo. Por lo tanto, la interoperabilidad moral fundamental (que une los diversos sistemas de creencias de los distintos socios del ecosistema sanitario mundial acelerado por la IA) informa el marco de interoperabilidad de datos de apoyo del ecosistema digitalizador que avanza conjuntamente hacia este objetivo estratégico, destino y bien comunes.

Por lo tanto, las innovaciones metodológicas y prácticas de este documento hacia esta visión pretenden basarse en los importantes avances recientes en el impulso global para mejorar la asistencia sanitaria moderna para que sea más digna de los pacientes y los pacientes a los que pretendemos servir, a medida que comprendemos cada vez mejor cómo se honra la dignidad de las personas cuando los sistemas mejoran su salud y se salvaguarda la seguridad de dichas personas (manifestada colectivamente con la seguridad nacional de las sociedades que constituyen a nivel estatal y global). Por ello, la pandemia de COVID-19 ha acelerado los esfuerzos de la OMS, las Naciones Unidas, los organismos sanitarios y reguladores influyentes (incluidos los Centros de Medicare y Medicaid de EU, de gran repercusión internacional, que elaboran normas y reglamentos de IA sanitaria líderes en el sector) y un consenso de naciones de todo el mundo para mejorar la interoperabilidad de los datos de sus sistemas

sanitarios y de salud pública, en el que los diferentes socios del ecosistema sanitario mundial deben tener un nivel básico de compatibilidad digital (utilizando un vocabulario de datos común o estándar, infraestructura, almacenamiento, computación y fin estratégico para alinear sus capacidades únicas con el beneficio individual común para sostener las asociaciones del ecosistema) (38-39). Si los socios no pueden “hablar” entre sí, no podrán utilizar sus herramientas para un fin común de forma eficaz. Y no puede haber un lenguaje técnico común y acuerdos de colaboración con un propósito unificador y un fin último sin una visión moral común suficientemente sustantiva, eficaz y fundacional que abarque un lenguaje moral común, una metodología y un relato metafísico de la persona humana que informe tales conceptos prácticos e interacciones. Se han producido importantes avances históricos en esta dirección, entre ellos el llamamiento de Roma de 2020, la Unión Europea y el Departamento de Defensa de EU que han empezado a establecer normas sobre la ética de la IA (seguidas por la norma ética más detallada de la oms de 2021) (15,40-42). Sin embargo, a pesar de los importantes éxitos logrados en la consecución de un consenso internacional multisectorial sobre la ética de la IA, estos avances son limitados en su sustancia y aplicabilidad, ya que especifican principios vagos que son difíciles de poner en práctica en las operaciones diarias de los sistemas de salud de una manera que respete las demandas del mundo real de los sistemas en tiempo real, adaptables y detallados (incluso para resolver los desacuerdos entre las reivindicaciones morales en competencia, las barreras técnicas y las fuerzas sociales en competencia). La operatividad de la AiCE en el PSC sustantivo, tal y como se demuestra en este documento, sugiere un posible camino viable que opera dentro del marco ético ya globalmente dominante de la dignidad y los derechos individuales (especialmente influyente en el Occidente Global) de una manera que sigue siendo inteligible y convergente con el enfoque comunitario y de seguridad del Este y el Sur Globales), al tiempo que se recupera una metodología más sustantiva a través de un fundamento metafísico común (que sigue siendo

inteligible y convincente por razones inherentes a los diversos sistemas de creencias religiosas, afiliadas o no, del mundo), y que, sin embargo, puede seguir funcionando en los sistemas sanitarios, como en el caso concreto del uso clínico de la SC para la CRC.

Por lo tanto, la metodología AiCE informada por el PSC dentro del marco conceptual más amplio de la IA Salud pretende proponer un enfoque global, exhaustivo, integrado y concreto para traducir los principios importantes, pero aún generales del informe de referencia de la oms de 2021 y similares en un rendimiento de la IA sanitaria fiable, transparente, útil, defendible, equitativo y, por lo tanto, digno de confianza. (1,12,16) A su vez, este rendimiento está destinado a impulsar los esfuerzos generales para abordar de forma más satisfactoria las dudas globales sobre la fiabilidad de los algoritmos, que a menudo se ven socavadas por sus supuestos ocultos (tanto técnicos como éticos). Un informe de Pew Research de 2021 señalaba que aproximadamente el 70% de los principales ejecutivos, responsables políticos e investigadores de IA dudan de que la IA sanitaria, e incluso la IA en general, sea ética o esté comprometida con el bien público o común (43). El IEEE (la mayor organización técnica profesional del mundo), la Comisión de Seguridad Nacional de EU sobre IA y el Instituto de Inteligencia Artificial Centrada en el Ser Humano de la Universidad de Stanford se hacen eco de conclusiones y preocupaciones similares. Según estas influyentes voces, entre los enormes retos a los que se enfrenta la IA ética (en general, incluida la asistencia sanitaria en particular) se encuentran los siguientes factores secundarios que hacen que la presión en favor de la IA ética sea en gran medida irrelevante o ineficaz: (a) la carrera armamentística por la IA entre EU y China (los mayores creadores de IA del mundo, incluidas sus empresas, universidades y ejércitos), que enmarca la IA en gran medida dentro de la competencia militar, económica y/o técnica por el dominio mundial); (b) el objetivo principal de beneficio y/o influencia o control social de los actores mencionados; (c) la naturaleza de la IA (con su omnipresente, rápida, impredecible y ya sísmica influencia social a escala internacional); (d) y el reconoci-

miento generalizado de una “IA ética” que carece de consenso general sobre su formación formal, sus normas e incluso su definición. Pensemos en la comunidad de la seguridad del paciente, que en las dos últimas décadas ha generado admirablemente múltiples estudios, sociedades y programas de alto perfil a escala internacional para abordar las deficiencias e incluso los fracasos de la seguridad de la atención sanitaria. Sin embargo, a pesar de décadas, miles de millones de dólares y miles de investigadores y líderes, la comunidad, según su propia evaluación, no ha logrado producir un estudio revisado por pares que demuestre una mejora significativa y sostenida a nivel regional de los acontecimientos médicos adversos (44). Al igual que ocurre con la seguridad de los pacientes, el hecho de que la IA ética sea deseable a escala internacional no significa necesariamente que funcione. Tampoco significa que los documentos, libros y estudios sobre ética de la IA ofrezcan avances reales, concretos y longitudinales a gran escala. Estas aleccionadoras reflexiones pueden exigirnos en última instancia que en la comunidad ética de la IA nos preguntemos honestamente si la razón por la que los algoritmos de IA han sido hasta ahora generalmente poco fiables e indignos de confianza a escala es que no hemos cuestionado nuestras suposiciones (tanto técnicamente en nuestra investigación e intervenciones, como aún más fundamentalmente nuestras suposiciones de que el trabajo que hacemos y la forma en que lo hacemos es realmente relevante, significativo, defendible o útil para los pacientes, proveedores y pagadores). ¿Nos hemos alejado demasiado de la cabecera del paciente o de la mesa de la cocina? ¿Necesitamos volver a la experiencia vivida y a la realidad de las personas, las poblaciones, la asistencia sanitaria y la humanidad (y, por tanto, invertir la ingeniería de nuestros medios para avanzar hacia ellos dejando primero que hablen por sí mismos y por sus necesidades)? ¿Podría la metodología AiCE informada por el PSC y los crecientes casos de uso, incluidos los más recientes con CS y CRC, sugerir aquí cómo podemos avanzar a gran velocidad y escala codo con codo con los sistemas sanitarios a nivel local y mundial para responder ahora a sus acuciantes cuestiones éticas sobre IA (y a las que vendrán antes de que lleguen)?

Este novedoso enfoque es especialmente pertinente para abordar los dos principales retos a los que se enfrenta actualmente la IA ética en la atención sanitaria: los beneficios y la regulación. Los estudios mundiales de McKinsey de 2021 y 2022 sobre las principales empresas de IA (incluidos los proveedores de los sistemas sanitarios) demostraron cómo la optimización de los beneficios y el cumplimiento de la normativa ayudan a diferenciar a las empresas de alto rendimiento de las de bajo rendimiento a través de un pensamiento de diseño de IA riguroso, pruebas internas continuas y gobernanza (incluido el cumplimiento por diseño de las normas éticas, legales, políticas y de ciberseguridad pertinentes) (45-46). Para que las organizaciones, incluidos los sistemas sanitarios, se adapten y, en última instancia, consigan una IA madura en toda la empresa, primero deben aumentar los ingresos por encima de los costos permitidos, sin dejar de cumplir las normas anteriores. Una capa añadida de complejidad es la naturaleza rápida e impredecible de la IA, reflejada recientemente en las directrices actualizadas de 2022 de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) sobre la regulación de la IA como dispositivos médicos (incluidos los algoritmos de identificación y predicción para pacientes de alto riesgo o consumo, los sistemas de alerta temprana para el deterioro del paciente y las herramientas de decisión clínica) (47). ¿Cómo regular un algoritmo de IA que puede reescribir su propio código con nuevos datos? La solución propuesta por la FDA es un “marco normativo basado en el ciclo de vida total del producto” que sea lo suficientemente flexible como para prever y permitir una amplitud y profundidad definidas de autoadaptación de la IA (en particular, sus aplicaciones de aprendizaje automático) y, al mismo tiempo, esté lo suficientemente arraigado en los mandatos legales y éticos objetivos para garantizar la “seguridad y eficacia”. Por lo tanto, este documento ofrece una novedosa demostración del enfoque integrado de extremo a extremo de la metodología AiCE informada por el PSC que presenta una metodología adaptativa de codiseño (que realiza ingeniería inversa desde el fin o destino de la asistencia sanitaria basada en valores e informada por el bien común hasta los medios de

prestación de asistencia sanitaria impulsada por IA para alcanzarlo), equilibrando los imperativos SEEE para la asistencia sanitaria basada en valores e impulsada por IA.

Considerada en su totalidad, esta prueba metodológica de concepto respalda cómo una eficiencia suficiente del sistema sanitario requiere una IA integrada que sea técnica y organizativa de extremo a extremo (donde un aprendizaje automático complejo y modelos de aprendizaje profundo aprenden todos los pasos entre la fase de entrada inicial y la fase de salida final para acelerar la eficacia operativa en el canal de prestación de asistencia sanitaria basada en valores y la red de diversos actores dentro de los sistemas sanitarios y alineados con ellos). Y una equidad social suficiente requiere dignidad encarnada y diversidad dentro de los sistemas (a través de la metafísica multicultural articulada por el PSC) que es epistémicamente de extremo a extremo (integrando horizontal y verticalmente las ciencias aplicadas de la ciencia de datos y la ciencia clínica con su capa intermediaria político-económica subyacente y su capa subyacente de la ciencia teórica de la metafísica). Sin embargo, no se conocen otros marcos conceptuales operativos y mucho menos integradores que definan, defiendan y desplieguen dicha IA (y mucho menos en los sistemas sanitarios o en la regulación sanitaria a nivel de sistema, profesional, pagador o gubernamental). Por lo tanto, este estudio utilizó la AiCE en el marco de la AI Health para el caso de uso de la SC con el fin de realizar una evaluación global de dicha arquitectura de AI integral (en sus dimensiones moral, técnica y organizativa). Al digitalizar la dignidad humana, este enfoque de AiCE pretende maximizar matemática y prácticamente la asistencia sanitaria basada en el valor (como calidad dividida por costo), la dignidad humana individual (con la correspondiente diversidad demográfica y cultural de la población y su dimensión comunitaria de seguridad) y la seguridad del paciente (con la correspondiente seguridad de los datos), al tiempo que se minimizan las desigualdades, los costos, el despilfarrero, el fraude y los ciberataques para, en última instancia, reforzar la confianza ganada por la sociedad mundial en los sistemas sanitarios basados en IA.

Este estudio aún debe interpretarse con cautela en el contexto de sus limitaciones, incluidos sus datos retrospectivos no aleatorizados de SNI y globales, la dependencia de simulaciones de SC y la amplia gama de temas en un espacio condensado. Además, se centra en el SC, que es más fácil de obtener y prevalece en países y comunidades de ingresos altos y medios altos; por lo tanto, se requieren análisis adicionales para aclarar la aplicabilidad de estos resultados en comparación con intervenciones alternativas en países de ingresos bajos y medios bajos, y cómo se pueden hacer más fáciles de obtener allí (lo cual forma parte de un reto más amplio de difusión de la innovación en la atención sanitaria moderna, donde las tecnologías y los medicamentos más caros tienen un retraso notable desde que se desarrollan y despliegan por primera vez en los países de ingresos más altos hasta que están más fácilmente disponibles en los países de ingresos más bajos). Este estudio ha tratado de reducir el sesgo (y, por tanto, las amenazas a la validez interna y externa) que tales limitaciones pueden introducir en el documento mediante el despliegue de una metodología novedosa que es rigurosa (integrando IA, análisis bayesiano y de puntuación de propensión), exhaustiva (integrando análisis clínicos, de costos, de disparidad y éticos), relevante (codiseñada por científicos de datos, clínicos, éticos y ejecutivos para integrar la IA ética a través de la integración de extremo a extremo con las operaciones continuas del sistema sanitario tanto en los flujos de trabajo organizativos como clínicos), transparente (especificando explícitamente sus supuestos metafísicos, multiculturales e históricos, el contexto y el amplio detalle de su metodología, incluso a través de tres libros originales), y práctico (respetando la imposibilidad no ética del mundo real de esperar la aleatorización global con CS e IA para informar las necesidades actuales de atención médica para la orientación ética y política en este contexto).

## 5. Conclusión

Este es el primer análisis ético y político computacional global y exhaustivo (que integra análisis clínicos, de costos, de disparidad y éticos)

con IA y Bayesiana que se conoce, incluido el CS para el CCR. Demuestra los novedosos hallazgos de los más de 4.000 millones de dólares ahorrados a través de la SC con IA, en particular para ayudar a reducir los 17.610 millones de dólares de costo de las disparidades raciales para hispanos y asiáticos que no se explican suficientemente por factores clínicos. A través de este caso de uso concreto, este documento introduce el novedoso concepto de “interoperabilidad moral” como base potencialmente necesaria para la arquitectura de Big Data basada en la interoperabilidad de datos del ecosistema sanitario global de digitalización impulsada por la IA (que abarca los diversos sistemas sanitarios, sistemas de creencias, culturas y actores multisectoriales de nuestro mundo). Este documento propone cómo los algoritmos de IA sanitaria pueden llegar a ser fiables (a través de una metodología integral integrada y auto adaptativa iterativamente en tiempo real en los sistemas sanitarios del mundo real) y más fiables (para proporcionar un plan, una hoja de ruta e incluso el ADN de cómo los sistemas sanitarios modernos pueden funcionar de forma eficiente y equitativa como el sistema sanitario del futuro, respetando la dignidad humana, la seguridad y el bien común, potenciando dicha interoperabilidad técnica y ética instrumental).

## Referencias

1. Monlezun DJ. *The Thinking Healthcare System: Artificial Intelligence and Human Equity*. Oxford, UK: Elsevier. 2023.
2. McGlynn EA, Asch SM, Adams J. The quality of health care delivered to adults in the United Nations. *New England Journal of Medicine*. 2003; 348:2635-2645. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12826639/>
3. WHO, OECD, World Bank, 2018. *Delivering quality health services: A global imperative for universal health coverage*. Geneva, Switzerland: who Press.
4. Makary MA, Daniel M. Medical error-the third leading cause of death in the US. *BMJ*. 2016; 353:i2139. <https://doi.org/10.1136/bmj.i2139>
5. Barber SL, Lorenzoni L, Ong P. *Price setting and price regulation in health care*. Geneva, Switzerland: who Press. 2019.
6. Shamasunder S, Holmes SM, Goronga T, Carrasco H, Katz E, Frankfurter R. COVID-19 reveals weak health systems by design: Why we must re-make global

- health in this historic moment. *Global Public Health*. 2020; 15(7):1083-9. <https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1760915>
7. Appleby C, Hendricks J, Wurz J, Shudes C, Shukla M, Chang C. Digital transformation: from a buzzword to an imperative for health systems. Deloitte. 2020. <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/industry/health-care/digital-transformation-in-healthcare.html>
  8. Chén OY, Roberts B. Personalized health care and public health in the Digital Age. *Frontiers in Digital Health*. 3:595704. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2021.595704>
  9. Zimlichman E, Nicklin W, Aggarwal R, Bates DW. Health care 2030: The coming transformation. *New England Journal of Medicine Catalyst*. 2020. <https://catalyst.nejm.org/doi/full/10.1056/CAT.20.0569>
  10. Philips. Future Health Index 2021: A resilient future. 2021. <https://www.philips.com/c-dam/corporate/newscenter/global/future-health-index/report-pages/experience-transformation/2021/philips-future-health-index-2021-report-healthcare-leaders-look-beyond-the-crisis-global.pdf>
  11. Takemi K, Jimba M, Ishii S, Katsuma Y, Nakamura Y. Working Group on Challenges in Global Health and Japan's Contribution. Human security approach for global health. London, England: Lancet. 2008; 372(9632):13-14. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60971-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60971-X)
  12. Monlezun DJ, Sinyavskiy O, Peters N, Steigner L, AksamitT, Girault MI, Garcia A, Gallagher C, Iliescu C. Artificial Intelligence-Augmented Propensity Score, Cost Effectiveness and Computational Ethical Analysis of Cardiac Arrest and Active Cancer with Novel Mortality Predictive Score. *Medicina Kaunas, Lithuania*. 2022; 58(8):1039. <https://doi.org/10.3390/medicina58081039>
  13. Gomez J, Feldberg B, Krois J, Schwendicke F. Evaluation of the Clinical, Technical, and Financial Aspects of Cost-Effectiveness Analysis of Artificial Intelligence in Medicine: Scoping Review and Framework of Analysis. *JMIR Med Inform*. 2022; 10(8):e33703. <https://doi.org/10.2196/33703>
  14. Voets MM, Veltman J, Slump CH, Siesling S, Koffijberg H. Systematic Review of Health Economic Evaluations Focused on Artificial Intelligence in Healthcare: The Tortoise and the Cheetah. *Value in health: the journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*. 2022; 25(3):340-349. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2021.11.1362>
  15. who, 2021. who issues first global report on artificial intelligence (AI) in health and six guiding principles for its design and use. World Health Organization. <https://www.who.int/news/item/28-06-2021-who-issues-first-global-report-on-ai-in-health-and-six-guiding-principles-for-its-design-and-use>
  16. Monlezun DJ. *The Personalist Social Contract: Saving Multiculturalism, Artificial Intelligence & Civilization*; Cambridge Scholars Press: Cambridge, UK, 2022.
  17. Morgan E, Arnold M, Gini A, Lorenzoni V, Cabasag CJ, Laversanne M, Vignat J, Ferlay J, Murphy N, Bray F. Global burden of colorectal cancer in 2020 and 2040: incidence and mortality estimates from GLOBOCAN. *BMJ gut*. 2022. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2022-327736>

18. HCUP Databases. Healthcare Cost and Utilization Project (HCUP): Agency for Healthcare Research and Quality. 2021. [www.hcup-us.ahrq.gov/nisoverview.jsp](http://www.hcup-us.ahrq.gov/nisoverview.jsp)
19. DUA Training. Healthcare Cost and Utilization Project (HCUP): Agency for Healthcare Research and Quality. 2021. [www.hcup-us.ahrq.gov/DUA/dua\\_508/DUA-508version.jsp](http://www.hcup-us.ahrq.gov/DUA/dua_508/DUA-508version.jsp)
20. Data Sets Not Requiring IRB Review. National Bureau of Economic Research. 2022. <https://www.nber.org/programs-projects/projects-and-centers/human-subjects-protection-and-institutional-review-board-irb/guidance-data-sets-not-requiring-irb-review>
21. Monlezun DJ, Lawless S, Palaskas N, Peerbhai S, Charitakis K, Marmagkiolis K, Lopez-Mattei J, Mamas M, Iliescu C. Machine learning-augmented propensity score analysis of percutaneous coronary intervention in over 30 million cancer and non-cancer patients. *Front. Cardiovasc. Med.* 2021; 8:620857.
22. Monlezun DJ, Carr C, Niu T, Nordio F, DeValle N, Sarris L, Harlan T. Meta-analysis and machine learning-augmented mixed effects cohort analysis of improved diets among 5847 medical trainees, providers and patients. *Public Health Nutr.* 2022; 25:281-289.
23. Murray TA, Yuan Y, Thall PF. A Bayesian Machine Learning Approach for Optimizing Dynamic Treatment Regimes. *Journal of the American Statistical Association.* 2018; 113(523):1255-1267. <https://doi.org/10.1080/01621459.2017.1340887>
24. D'Agostino RB. Propensity score methods for bias reduction in the comparison of a treatment to a non-randomized control group. *Stat. Med.* 1998; 17: 2265-2281. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9802183/>
25. Elze MC, Gregson J, Baber U, Williamson E, Sartori S, Mehran R, Nichols M, Stone GW, Pocock SJ. Comparison of propensity score methods and covariate adjustment: Evaluation in 4 cardiovascular studies. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017; 69:345357. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.10.060>
26. Wager E, Ortaliza J, Cox C. How does health spending in the U.S. compare to other countries? Perseon-KFF. 2022. [https://www.healthsystemtracker.org/chart-collection/health-spending-u-s-compare-countries/#GDP%20per%20capita%20and%20health%20consumption%20spending%20per%20capita.%202020%20\(U.S.%20dollars.%20PPP%20adjusted\)](https://www.healthsystemtracker.org/chart-collection/health-spending-u-s-compare-countries/#GDP%20per%20capita%20and%20health%20consumption%20spending%20per%20capita.%202020%20(U.S.%20dollars.%20PPP%20adjusted))
27. U.S. Population Estimated at 332,403,650 on Jan. 1, 2022. U.S. Department of Commerce. 2022. <https://www.commerce.gov/news/blog/2022/01/us-population-estimated-332403650-jan-1-2022#:~:text=As%20our%20nation%20prepares%20to,since%20New%20Year%E2%80%98s%20Day%202021>
28. Tikkanen R, Abrams MK. U.S. Health Care from a Global Perspective, 2019: Higher Spending, Worse Outcomes? The Commonwealth Fund. 2020. <https://www.commonwealthfund.org/publications/issue-briefs/2020/jan/us-health-care-global-perspective-2019>
29. World population to reach 8 billion on 15 November 2022. United Nations. 2022. <https://www.un.org/en/desa/world-population-reach-8-billion-15-november-2022>
30. Distribution of the global population. Statista. 2022. <https://www.statista.com/statistics/237584/distribution-of-the-world-population-by-continent>

31. Cost-benefit analysis. Centers for Disease Control and Prevention. 2022. <https://www.cdc.gov/policy/polaris/economics/cost-benefit/index.html>
32. Areia M, Mori Y, Correale L, Repici A, Bretthauer M, Sharma P, Taveira F, Spadaccini M, Antonelli G, Ebigbo A, Kudo SE, Arribas J, Barua I, Kaminski MF, Messmann H, Rex DK, Dinis-Ribeiro M, Hassan C. Cost-effectiveness of artificial intelligence for screening colonoscopy: a modelling study. *The Lancet. Digital health.* 2022; 4(6):e436–e444. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00042-5)
33. Monlezun DJ, Sotomayor C, Peters N, Steigner L, Gallagher C, Garcia A. The global AI ethics of COVID-19 recovery: Narrative review and personalist social contract ethical analysis of AI-driven optimization of public health and social equities. *Med. Eth.* 2022; 33: 357-376. <https://doi.org/10.36105/mye.2022v33n2.02>
34. Aristotle. *Metaphysics*. In *The Basic Works of Aristotle*; McKeon, R., Ed.; ~323 B.C., bk. XII; The Modern Library: Nueva York. 2001; Chapter 9.
35. Schaeffer M. *Thomistic Personalism: Clarifying and Advancing the Project*; York University Press: Canada. 2016.
36. Clarke NW. *Person and Being*; Marquette University Press: Milwaukee, WI, USA, 1993.
37. Aquinas, T. *The Summa Theologica*; (1274), I.5.1, I.29.3, Ia-IIae.61.2; Ii.58.3, I.44.4; Benziger Brothers: EU. 1947.
38. Siwicki, B., 2021. Data interoperability, knowledge interoperability and the learning health system. *Healthcare IT News*. <https://www.healthcareitnews.com/news/data-interoperability-knowledge-interoperability-and-learning-health-system>
39. Brooks-LaSure C. Interoperability and the connected health care system. Centers for Medicare & Medicaid Services. 2021. <https://www.cms.gov/blog/interoperability-and-connected-health-care-system>
40. FAO. Rome call for artificial intelligence ethics draws global interest. United Nations Food and Agriculture Organization. 2020. <https://www.fao.org/newsroom/detail/Rome-Call-for-Artificial-Intelligence-ethics-draws-global-interest/en>
41. EU, 2020. On artificial intelligence: A European approach to excellence and trust. European Union. [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf)
42. DoD, 2020. DOD adopts ethical principles for artificial intelligence. US Department of Defense. <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2091996/dod-adopts-ethical-principles-for-artificial-intelligence>
43. Rainie L, Anderson J, Vogels EA. Experts doubt ethical AI design will be broadly adopted as the norm within the next decade. Pew Research Center. 2021. <https://www.pewresearch.org/internet/2021/06/16/experts-doubt-ethical-ai-design-will-be-broadly-adopted-as-the-norm-within-the-next-decade>
44. Schiff G, Shojania KG. 2022. Looking back on the history of patient safety: An opportunity to reflect and ponder future challenges. *BMJ Quality & Safety.* 2022; 31(2): 148-52.
45. Chui M, Hall B, Singla A, Sukharevsky A. The state of AI in 2021. McKinsey & Co. 2022 <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2021>

46. Chui M, Hall B, Mayhew H, Singla A. The state of AI in 2022. McKinsey & Co. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2022-and-a-half-decade-in-review>
47. FDA. Clinical decision support software: Guidance for industry and Food and Drug Administration Staff. US Food and Drug Administration. 2022. <https://www.fda.gov/media/109618>

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-No-Comercial-CompartirIgual 4.0.

