

2023

Los programas de medicina de precisión y los desafíos para la gestión de la salud pública

Guillermo Foladori
Ericka Bracamonte-Aramburo

SEPTIEMBRE / OCTUBRE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

PUBLICACIÓN AFILIADA A LA
RED IBEROAMERICANA DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO

77

Los programas de medicina de precisión y los desafíos para la gestión de la salud pública

Guillermo Foladori y Ericka Bracamonte-Aramburo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

PUBLICACIÓN AFILIADA A LA
RED IBEROAMERICANA DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

PUBLICACIÓN AFILIADA A LA
RED IBEROAMERICANA DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
2018-2024

Mtro. Juan Ignacio Camargo Nassar

Rector

Mtro. Daniel Alberto Constandse Cortez

Secretario General

Mtro. Santos Alonso Morales Muñoz

Director del Instituto de Ciencias Sociales y Administración

Mtro. Jesús Meza Vega

Director General de Comunicación Universitaria

*Comité de Coordinación de la Red Iberoamericana
de Estudios del Desarrollo 2018-2020*

Dra. Paulina Sanhueza Martínez (Universidad de la Frontera, Chile)

Coordinadora General

Dr. Ignacio Rodríguez Rodríguez (Universidad de la Frontera, Chile)

Secretario general

Dra. Myrna Limas Hernández

(Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México)

Vocal de Organización

Dr. Pablo Galaso Reca (Universidad de la República, Uruguay)

Vocal de Organización

Dr. Luis Enrique Gutiérrez Casas

Director y editor de Cuadernos de Trabajo

Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo

Comité editorial

Sección internacional

Dra. Sofía Boza Martínez

(Universidad de Chile, Chile)

Dra. Olga Biosca Artiñano

(Glasgow Caledonian University, Reino Unido)

Dra. Ángeles Sánchez Díez

(Universidad Autónoma de Madrid, España)

Dr. Thomas Fullerton Mankin

(University of Texas at El Paso, Estados Unidos)

Dr. Adrián Rodríguez Miranda

(Universidad de la República, Uruguay)

Dra. Ikuho Kochi

(Kanazawa University, Japón)

Dr. Pablo Galaso Reca

(Universidad de la República, Uruguay)

Sección local

(Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)

Dra. Myrna Limas Hernández

Dra. Rosa María García Almada

Dr. Raúl Alberto Ponce Rodríguez

Dr. Isaac Leobardo Sánchez Juárez

Dr. Héctor Alonso Barajas Bustillos

Dr. Juan Carlos Medina Guirado

Mtra. María Del Socorro Velázquez Vargas

Diseño de cubierta

Abigail Bautista

Economía, Población y Desarrollo.

ISSN 2007-3739

Número 77. Septiembre - Octubre 2023

Los programas de medicina de precisión y los desafíos
para la gestión de la salud pública

Guillermo Foladori

Ericka Bracamonte-Aramburo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Economía, Población y Desarrollo.

Año 13, No. 77 septiembre - octubre 2023, es una publicación bimestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Sociales y Administración. Redacción: Avenida Universidad y H. Colegio Militar, Zona Chamizal s/n., C.P. 32300, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Teléfonos: (656) 688-38-00, ext. 3792. Correo electrónico: lgtz@uacj.mx.

Editor responsable: Luis Enrique Gutiérrez Casas. Reserva de derechos al uso exclusivo: edición impresa, número de reserva 04-2022-071309174300-102, edición digital, número de reserva 04-2021-081717103700-203. Impresa por Studio Los Dorados, calle Del Campanario, número 820-2, Santa Cecilia, C.P. 32350, Cd. Juárez, Chihuahua. Distribuidor: Subdirección de Gestión de Proyecto y Marketing Editorial. Ave. Plutarco Elías Calles 1210, Foviste Chamizal, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua.

Los ensayos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores.

Se autoriza la reproducción total o parcial bajo condición de citar la fuente.

Registrada en:



Revistas Electrónicas



DOI: <https://doi.org/10.20983/epd>

Publicación afiliada a la Red Iberoamericana
de Estudios del Desarrollo



Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Ave Plutarco Elías Calles 1210
Foviste Chamizal, C.P. 32310

Ciudad Juárez, Chihuahua, México

www.uacj.mx

© Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Los programas de medicina de precisión y los desafíos para la gestión de la salud pública

Guillermo Foladori * y Ericka Bracamonte-Aramburo **

Resumen

Varios países iniciaron programas para el desarrollo de medicina de precisión. Con miles o millones de datos de salud, priorizando los mapas genéticos, mediante inteligencia artificial se elaboran algoritmos que identifican subpoblaciones con susceptibilidad a determinadas enfermedades para luego establecer la correspondencia farmacogenómica con las medicinas adecuadas. Este artículo realiza una acotada caracterización de esta propuesta y sistematiza aspectos críticos para su implementación desde una perspectiva de salud pública. Dados los argumentos expuestos, resulta probable que la medicina personalizada lleve a una mayor desigualdad entre países y regiones y al interior de los diferentes sectores sociales.

Palabras clave: *Medicina de precisión, inteligencia artificial, farmacogenómica, tendencias socioeconómicas.*

Precision medicine programs and challenges for public health management

Abstract

Several countries have initiated programs for the development of precision medicine. With thousands or millions of health data, prioritizing genetic maps, artificial intelligence is used to develop algorithms that identify subpopulations with susceptibility to certain diseases and establish the pharmacogenomic correspondence with the appropriate medicines. This article briefly characterizes this proposal and systematizes critical aspects for its implementation from a public health perspective. Given the arguments presented, it is likely that personalized medicine will lead to greater inequality between countries and regions and within different social sectors.

Keys words: *Precision medicine, artificial intelligence, pharmacogenomics, socioeconomic trends.*

JEL: *I15, I18, O38.*

DOI: <https://doi.org/10.20983/epd.2023.77.1>

Recibido en: abril de 2023

Aprobado en: junio de 2023

* Adscrito a la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas (México). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Conahcyt, nivel 3. Áreas de investigación: Ciencia, tecnología y sociedad. Responsable Técnico del Proyecto Conahcyt-Ciencia de Frontera 2019 No. 304320. Correo electrónico: gfoladori@uaz.edu.mx. ORCID: 0000-0002-7441-3233.

** Adscrita al Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora (México). Áreas de investigación: Medicina genómica y nanomedicina. Correo electrónico: ericka.bracamonte99@gmail.com ORCID: 0000-0001-9386-8463.

➡ 1. Introducción.

La Inteligencia Artificial (IA) ha penetrado en muchos sectores económicos en la última década. Es el caso de la medicina. Diversos términos se utilizan para identificar la aplicación de la IA al sector, como medicina de precisión, también llamada medicina genómica, individualizada o medicina personalizada. Es un área muy reciente, si consideramos su institucionalización formal. En los Estados Unidos y en Europa irrumpe comenzando el segundo quinquenio de la década del 2010, aunque las bases e investigaciones científicas sobre el tema puedan rastrearse desde principios de este siglo (Stoykova y Koeva-Dimitrova, 2019).

El propósito del artículo es enmarcar el desarrollo de la medicina de precisión en el contexto de las actuales y potenciales contradicciones sociales, políticas y económicas. El texto no pretende realizar una descripción pormenorizada de esta medicina, ya que existe abundante literatura sobre la medicina genómica o de precisión desde una perspectiva científica, técnica y biomédica (World Economic Forum, 2020). Sin embargo, hay escasa literatura sobre la interrelación de esta medicina con los factores sociales, políticos, ideológicos y económicos (J. A. B. Iriart, 2019; C. Iriart et al., 2002). Este artículo contribuye a esta novedosa discusión.

Luego de esta introducción, el segundo apartado hace una breve referencia a la evolución histórica de la medicina, haciendo énfasis en el cambio que ocurrió en el objetivo o propósito de la medicina como ciencia y como práctica terapéutica una vez que irrumpe la medicina química en el siglo XIX, ya en el marco del desarrollo capitalista. Este quiebre histórico es importante para comprender términos como precisión, individualizada o personalizada en su contexto histórico actual, no en el sentido restringido con que las palabras son definidas en los diccionarios. En ese segundo apartado se aplica una metodología histórica comparativa, apoyada en estudios de filósofos e historiadores de la medicina. El tercer apartado sintetiza las características de la Inteligencia Artificial (IA), fuertemente ligada al actual desarrollo capitalista. Aquellas características están en la base de la medicina de precisión; incluyendo las principales objeciones y desafíos no resueltos por esa tecnología. El cuarto apartado explica la lógica de la medicina de precisión desde una perspectiva socioeconómica y política crítica, más que desde sus características biomédicas. Allí se señalan los principales elementos necesarios para entender las tendencias económicas y

sociales que esta medicina provoca, lo que será tratado posteriormente. El quinto apartado analiza las tendencias derivadas de las relaciones técnicas propiamente dichas, así como de las relaciones sociales resultado de la competencia y la lucha por la ganancia. Se culmina con conclusiones generales.

➔ 2. Antecedentes del tratamiento terapéutico.

La historia de la medicina ilustra la importancia del desarrollo tecnológico en el pensamiento científico. Desde tiempos milenarios las terapias estaban teórica y filosóficamente influenciadas por el principio del tratamiento holístico y vitalista del enfermo. Algunas de estas terapias han sobrevivido, como las naturistas, la acupuntura, la ayurveda, la espagírica, la tradicional china y la más moderna homeopatía. El propósito de las terapias precapitalistas era restaurar la fuerza vital del paciente para que el organismo recupere el equilibrio (De Klerk, 1979). Este enfoque está incorporado a la tradición milenaria en medicina (antigua medicina egipcia, árabe, china, india, alquimia, etc.) (Federspil y Sicolob, 1994). La enfermedad era vista como un desequilibrio del organismo que podía tener causas internas o externas y las terapias iban dirigidas a restaurarlo, fortaleciendo la fuerza vital. Por ello, no sólo se prestaba atención a las manifestaciones físicas, sino también a las mentales o ánimo del paciente. La terapia comenzaba analizando el estado general del enfermo para luego considerar el problema particular o manifestación, ya que consideraba al organismo como una totalidad, no como una suma de partes.

A partir del siglo XIX la medicina se asocia con la naciente química (Geiser, 2015) y se vuelve reduccionista y mecanicista, priorizando la parte sobre el organismo como un todo, y relacionando el medicamento con la enfermedad de manera lineal, en lugar de hacerlo con el enfermo individual (Marcum, 2008). En términos científicos y también terapéuticos este cambio entre las terapias precapitalistas y las capitalistas es de gran importancia; constituye el tránsito del tratamiento de la persona enferma al tratamiento de la enfermedad manifiesta, y del análisis del organismo como una unidad a considerarlo como una suma, casi mecánica, de partes que deben corregirse o mejorarse.

El rápido avance tecnológico desde el Renacimiento y, posteriormente, con la Revolución Industrial en todas las ramas económicas permitió el estudio y aplicaciones específicas al organismo humano, privilegiando las partes sobre la totalidad y el factor externo sobre el interno, como la teoría del germen donde un microorganismo se introduce en el paciente desde afuera y se le adjudica la causa de la enfermedad. La medicina moderna tiene su auge durante las guerras mundiales y en los quince años posteriores a la segunda, con la generalización de los antibióticos como caballito de batalla, junto a numerosos avances instrumentales y las vacunas (Geiser, 2015). Esta medicina, más amarrada al desarrollo químico e ideológicamente heredera del mecanicismo cartesiano, rompió con las milenarias terapias vitalistas que trataban al organismo como unidad. La moderna medicina pasó a focalizarse en la parte enferma y la enfermedad, en lugar del enfermo como unidad orgánica, como era tradición en las terapias precapitalistas. Este cambio permitió que la mayoría de los medicamentos fuesen comprados directamente por los pacientes en las farmacias, lo que todavía ocurre en la actualidad, bajo el criterio de X medicina cura Z enfermedad, pero sin necesidad de la atención médica. Este cambio en el enfoque del tratamiento terapéutico no fue sólo resultado del desarrollo instrumental, que permitió un análisis detallado de células, órganos, tejidos, ni de la vertiente ideológica mecanicista del todo como suma de partes, también se vio incentivado, si no presionado, por el mercado y el crecimiento de la población en las ciudades fruto de la industrialización, que la atención médica de la salud pública no podía cubrir. La medicina química arrastra desde su origen el carácter socioeconómico capitalista.

Durante todo el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX las terapias de tradición precapitalista enfrentaron una dura batalla ideológica, teórica, institucional, política y empírica frente a la medicina química capitalista, con el triunfo hegemónico de esta última, una vez que gracias a las vacunas y los antibióticos se fortaleció una industria farmacéutica corporativa de alcance mundial, que pasó a controlar organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la mayoría de los ministerios y secretarías de salud pública en los diferentes países.

Pero, los triunfos no son lineales, y la medicina química debió sufrir importantes reveses. Desde avanzada la década del sesenta del siglo XX este enfoque reduccionista (privilegiar la parte sobre el todo) y mecanicista (un medicamento para una enfermedad)

entró en crisis. Con la expansión de los antibióticos se generó la "revancha de los microbios", surgiendo las bacterias resistentes a los fármacos de amplio espectro y más avanzados. Este problema permanece hoy en día. El Centro de Enfermedades Infecciosas de los Estados Unidos (CDC) registra actualmente 18 bacterias resistentes a las multidrogas (CDC, 2020). También se identificaron los efectos adversos de los fármacos, que al tiempo que combatían una parte del organismo generaban un desajuste en otra (Farmer, 1996; Schork, 2015; Yuan, 2016). La debilidad del enfoque mecanicista, que trata la enfermedad relegando la importancia de las particularidades del enfermo, quedó en evidencia con el reducido porcentaje de éxito de los fármacos. Uno de los estudios al respecto señala:

... an estimated 90% of the conventional and top-selling blockbuster medicines only work for 30% to 50% of patients. What is even worse is the side effects and adverse reactions caused by these imprecise medications, accounting for 30% of acute hospital admissions every year (Schork 2015).

Sin embargo, se trató de una crisis puramente técnica, que se trató de superar produciendo antibióticos de amplio espectro, primero; luego, con el perfeccionamiento instrumental de miniaturización y dimensión nanométrica en los diagnósticos y terapias afianzó el reduccionismo y mecanicismo privilegiando la parte sobre la totalidad —v. g. el gen sobre el organismo, aunque haya puesto en discusión la eficiencia de los antibióticos.

A partir de la segunda década de este siglo XXI el desarrollo tecnocientífico identificado con la IA ha incorporado el adjetivo *precisión* o *personalizada* a muchos sectores económicos. Hay agricultura de precisión, alimentos personalizados, atendimento personalizado, vestimenta personalizada y también medicina de precisión o personalizada. En los Estados Unidos el programa *Precision Medicine Initiative* es del 2015 y en la Unión Europea el *European Alliance for Personalised Medicine* es del 2012 (EAPM 2012; National Institutes of Health 2015). Otros términos como medicina genómica también se aplican. A diferencia de cualquier otro sector económico la aplicación de la tecnología a la medicina no despierta críticas. Problemas que pueden surgir de la aplicación tecnológica en otros sectores económicos, como el desempleo, la contaminación ambiental, o los efectos a la salud ocupacional son soslayados en beneficio de la salud humana, el bien más primitivo y necesario. Además, esta nueva revolución tecnológica de la IA, conlleva desde su mismo nacimiento la equivocada pero fuerte imagen de una tecnología neutra que sólo puede buscar el bien común.

➡ 3. La inteligencia artificial en el desarrollo del capitalismo.

La IA es la modalidad más avanzada de la revolución de las tecnologías digitales de información y comunicaciones. Se basa en grandes volúmenes de información digitalizada que puede ser etiquetada y analizada estadísticamente. La información se almacena en servidores físicos conectados satelitalmente (nubes); por tanto, la IA requiere de alta velocidad de conexión satelital, de robustos equipos de almacenamiento y procesamiento de datos y de amplias y veloces conexiones con los usuarios. El propósito de la IA es distinguir patrones dentro de una enorme base de datos, mismos que están fuera de las posibilidades de la mente humana y con los cuales se puede predecir nuevas situaciones o tendencias estadísticas.

En términos matemáticos este procedimiento significa minimización (“simply mathematical minimisation”, McQuillan, 2018; 1), eliminando datos que no entran en el patrón y sustituyendo vacíos con datos supuestos estadísticamente. El proceso estadístico reduce la diferencia en los datos, oculta las especificidades y omite la información no legible o convertible digitalmente. Se trata de una homogeneización de información, aunque se presenta y es una representación probabilística muy acertada de patrones de realidad. Ligado a la desviación de datos en favor del patrón de referencia está la pérdida de información sobre diversidad, en la medida en que el procedimiento estadístico anula u omite datos que no es capaz de procesar, como dialectos que los softwares de voz no reconocen y, también, suplanta vacíos.

El proceso de distinguir patrones requiere de algoritmos que permitan crear modelos. En los sistemas más avanzados los algoritmos para procesar datos y elaborar los modelos son realizados por las propias máquinas (*machine learning*) y son imposibles de ser rastreados por humanos (Mittelman, 2022; Pasquale, 2015; Pasquinelli, 2019). Esto es de suma importancia en situaciones donde la cantidad de información es prácticamente infinita, como en los sistemas biológicos y su interacción con diversos materiales y moléculas, o en el caso de nanopartículas donde cada tipo puede tener implicaciones y riesgos novedosos (Afantitis, 2020). Estas tecnologías ya se aplican en actividades en el ambiente donde intervienen miles o millones de variables, como en los vehículos autodirigidos o el reconocimiento del enemigo durante la guerra (Mittelman, 2022).

Al utilizar datos pasados para actuar sobre la realidad presente el modelo no tiene capacidad de buscar alternativas propiamente innovadoras. Pasquinelli (2017, 2019) se remite al filósofo Peirce, para resaltar que las verdaderas innovaciones no provienen del método inductivo o deductivo —que emplean las estadísticas— sino del uso de la metáfora fuertemente ligada a la intuición científica, proceso que Peirce denomina de abducción (Peirce, 1958). Carchedi (2022) hace una reflexión semejante, argumentando que la máquina no tiene capacidad para el razonamiento dialéctico.

McQuillan (2018) es categórico en afirmar que “there is no intelligence in artificial intelligence”. Así, por ejemplo, la máquina inteligente AlphaZero del ajedrez es un ejemplo del manejo de millones de datos en segundos que, aunque llamada inteligente, encuentra las mejores jugadas porque existen reglas establecidas. No debe crear nada nuevo, sino buscar caminos dentro de lo existente.

No obstante, las desviaciones que la IA puede mostrar, los errores que puede cometer, y el contenido clasista, racista, étnico o ideológico que la IA puede reproducir por ser un procedimiento totalmente mecánico y robotizado, crea la imagen ideológica de neutralidad (McQuillan 2018, 1).

En cualquier sector económico, sean las finanzas, la salud pública, el manejo de recursos naturales, la agricultura, la minería o cualquier industria la cantidad de información mundial es tan amplia que su utilización práctica requiere de la IA para manipularla. El término industria 4.0 encierra una serie de tecnologías que la IA conecta. La Internet de las Cosas pretende extender la conectividad a millones de cosas y también requiere de la IA. En la actualidad ninguna corporación podría desempeñarse sin el apoyo de la IA, tanto por la cantidad de información como por la velocidad con que es necesario recibir y transmitir datos a nivel global (Oguike, 2021).

El sector salud no es ajeno a esta tendencia al manejo de datos mediante IA. Desde principios de la segunda década de este siglo varios gobiernos comienzan a institucionalizar la aplicación de la IA para acompañar y potenciar los servicios de salud pública. La pandemia de la Covid-19 2020-2021 constituyó un acelerador no buscado para utilizar plataformas en línea y la medicina de precisión o medicina genómica estableció el puente entre la enfermedad y las tecnologías asociadas a la IA.

➡ 4. Características de la medicina de precisión desde un enfoque crítico.

La medicina de precisión radica en la aplicación de la IA al sector salud y la atención médica (Parexel, n.d.). Una apretada caracterización de la medicina de precisión se lee en el siguiente párrafo:

Precision medicines are those which target known genetic, molecular or cellular markers and can be tailored to the individual characteristics of individuals, helping in providing a more personalized approach to patients. The potential to stratify patients by disease subtypes holds much promise in improving care and often requires modification of traditional trial designs and innovation in order to better evaluate these medicines (Parexel, n.d.).

El punto de partida de esta medicina son las bases de datos de información biomédica y antecedentes clínicos de millones de personas, destacando los mapas genéticos como el objetivo central y caballito de batalla propagandístico. Con esa información digitalizada y etiquetada se

elaboran algoritmos que muestran correlación entre enfermedades, secuencias genéticas, biomarcadores y fármacos elaborados específicamente. Es de destacar que este camino médico no parte de individuos enfermos, sino que comienza con información constitucional y prioritariamente genética de bancos de datos de salud. Cuanto más datos mejor y más eficaz el resultado estadístico. Los datos analizan tanto personas sanas como enfermas; eso es lo que permite que el diagnóstico pueda detectar posibles debilidades estructurales de un organismo aún antes de que se manifieste una enfermedad; y, también, permite diagnosticar automáticamente la enfermedad. Los medicamentos para la terapia también estarían articulados digitalmente a las características de los diferentes grupos de enfermos. Esta es, claro está, el objetivo de la medicina personalizada, algo que actualmente sólo se aplica en muy pocos casos amarrados a enfermedades raras y que son una clara consecuencia de una modificación o mal funcionamiento genético. Además, como las bases de datos existentes son muy pocas en relación con el volumen del caudal genético humano, los pacientes para quienes la medicina de precisión podría ser claramente beneficiosa debieran tener una composición genética para la cual existan extensas bases de datos. La medicina de precisión es, en la práctica, un proceso aún en ciernes, aunque en términos de investigación y desarrollo tenga un importantísimo lugar en la biomedicina.

Obtener la secuencia genética completa de una persona costaba en torno de 100 mil dólares a finales de la primera década de este siglo. Una década después, para 2021, el costo está por debajo de mil dólares (NHGRI, 2021), en progresiva caída y se realiza en horas.

Países y corporaciones farmacéuticas financian esta medicina de precisión o medicina personalizada desde la década del 2010. Un 25 % del total de nuevas entidades moleculares que la FDA —institución que regula los medicamentos en los Estados Unidos— aprobó entre 2015 y 2022 eran dirigidas a medicina personalizada (Konski, 2022). Los artículos sobre pruebas en medicina de precisión se han disparado en la base de datos de PubMed a partir del 2013 (Patseer, n.d.). Las aplicaciones para patentes en los Estados Unidos crecieron desde el 2014 (Patseer, n.d.) y también lo hicieron los artículos científicos en la base de datos de PubMed (Parexel, n.d.).

Ahora bien, no debe tomarse al pie de la letra o en el sentido del diccionario el término "personalizada" o "individualizada", porque más allá de datos generales de edad, sexo e historial de ciertas enfermedades clave, la correspondencia que establece la corporación farmacéutica es con base en algoritmos que identifican subpoblaciones. El diagnóstico parte de identificar al paciente dentro de una subpoblación genéticamente semejante y de allí ajustarla a quienes tienen la enfermedad en cuestión. En esta etapa del diagnóstico no hay

individualización, por tanto, tampoco nada personal. Información personal específica de un paciente, como potenciales efectos de los telómeros en los genes no entran en los algoritmos, aunque pueden ser clave en el desarrollo de algunas enfermedades. Tampoco se incluye información epigenética específica del paciente, donde algunos componentes que se adhieren a la secuencia genética analizada pueden influir en diferentes funciones del organismo, incluyendo enfermedades, aunque no se modifique la secuencia de nucleótidos. La epigenética aún no se incluye como biomarcador para las enfermedades por ser más complicado detectar marcadores, aunque nuevas tecnologías de secuenciación tal vez lo logren en el futuro; pero estas ausencias dejan de lado todo lo personal, y la precisión o personalización termina siendo del subgrupo y la enfermedad.

La siguiente etapa de la terapia está basada en la identificación de los medicamentos adecuados a la subpoblación y la enfermedad, un resultado de relaciones farmacogenómicas. Esta etapa tampoco es personalizada como se publicita, ya que todos los pacientes con la misma enfermedad y correspondientes al mismo subgrupo genético recibirán el mismo medicamento.

Para entender esta falta de identidad entre la terminología y la realidad es necesario advertir que desde hace más de 150 años la medicina moderna tiene como objeto de estudio la enfermedad, no el enfermo. Por tanto, el término individual o personal se refiere más a la enfermedad y al subgrupo genético que a las características propias del individuo. Cuando se habla de medicamentos individualizados debiera interpretarse como individualizados para una enfermedad, no para un paciente específico. Haciendo tal salvedad la utilización del término individualizada es más coherente con la realidad. Por esta razón, el primer apartado de este artículo muestra la gran importancia del quiebre en la historia de la medicina y en relación con el paso del estudio del enfermo al estudio de la enfermedad; lo que no significa que unas terapias sean mejores que otras, simplemente son diferentes y siempre ajustadas al contexto socioeconómico, que es el que genera tanto las causas de la mayoría de las enfermedades epidémicas como la orientación en investigación y desarrollo científico-terapéutico. La medicina es, en gran medida, una ciencia social.

La medicina de precisión no deja de tener importantes implicaciones socioeconómicas, políticas, éticas y hasta religiosas. Así, por ejemplo, el diagnóstico de la medicina de precisión se enfrentará, necesariamente, al médico clínico, que tendrá que afrontar la difícil

decisión de recetar lo que considera más conveniente para su paciente individual a partir de su experiencia profesional o bien recetar el fármaco indicado por el software, una alternativa que requiere una fuerte decisión. Para un médico sujeto a las vicisitudes de la enfermedad del paciente, a los efectos adversos de los medicamentos, a los potenciales juicios de pacientes no satisfechos, y a los acuerdos gubernamentales y hospitalarios para incorporarse a la ola científico-técnica de la medicina de precisión, hay presiones administrativas y laborales que no deben descartarse. Allí se manifiesta la contradicción entre la acción subjetiva del médico basada en su conocimiento, experiencia y antecedentes del paciente individual, y la presión objetiva del software y los contratos gubernamentales con las farmacéuticas: la máquina se enfrenta al humano, es la historia de la tecnología.

La medicina de precisión también se denomina de medicina genómica, un término científicamente más cercano a la realidad, aunque menos propagandístico que el de precisión. En México, por ejemplo, el Diario Oficial de la Federación registra como parte del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el plan del INMEGEN (Instituto Nacional de Medicina Genómica). El primer objetivo de dicho Instituto es formar recursos humanos en ciencias *ómicas*, aplicaciones biométricas y medicina de precisión (INMEGEN, 2020). El documento es explícito en que las actividades se encuadran en las ciencias *ómicas*, que trabajan con enormes cantidades de datos, por tanto, con algoritmos y poblaciones. El documento utiliza como principal término el de medicina genómica, aunque también incluye el término precisión y hace referencia a la individualización del tratamiento. El concepto de medicina genómica que utiliza el INMEGEN es mucho más apropiado que el de precisión o individualizada, ya que el uso de los patrones estadísticos para diagnosticar y recetar no es un procedimiento preciso para un organismo particular, aunque pueda serlo para una enfermedad específica en una subpoblación determinada.

El peso en la genética para tratar enfermedades en lugar de enfermos profundiza la tendencia originada con la expansión de los antibióticos durante la segunda mitad del siglo XX. Manifiesta el enfoque reduccionista en lugar del holístico. La medicina de precisión puede tener importantes beneficios terapéuticos y económicos en algunas enfermedades; particularmente en aquellas claramente asociadas a genes, en enfermedades raras, degenerativas y algunos tipos de cáncer. También tiene el beneficio de evitar dar un fármaco —que siempre puede tener efectos adversos— a individuos que no pertenezcan al subgrupo

proclive a la enfermedad, aunque eso no significa que evite los efectos adversos en el subgrupo correspondiente a la enfermedad.

En términos biomédicos, la medicina de precisión que privilegia la relación gen-enfermedad tiene sus críticas (Galea, 2016). Uno de los argumentos a favor del moderno diagnóstico de precisión es la posibilidad de anticipar enfermedades, de manera de atenderlas antes que se manifiesten. Pero, los genes requieren de secuencias que controlan su expresión y responden a un contexto y circunstancias que los activan durante la vida del organismo. Por tanto, el empleo de biomarcadores para detectar la enfermedad con antelación supone que el organismo no cambia, que no hay mutación en las células y que tampoco habrá causas epigenéticas impredecibles entre la anticipación de la enfermedad y su manifestación. En tales casos puede ser alterada la expresión y/o forma y capacidad de regulación de los genes (producción de enzimas y proteínas). Anticipar una enfermedad a partir de biomarcadores puede suponer que el propio metabolismo y el sistema de reparo y defensa biológico del organismo no podrán modificar el futuro rumbo del organismo. Esto puede ser así en contadas enfermedades amarradas a alteraciones genéticas, no para la mayoría de las enfermedades. La medicina de precisión tiende a tratar al paciente sin considerar el organismo, sino aplicando recetas de algoritmos estandarizados con base en millones de casos. En la mayoría de las enfermedades comunes la relación de la enfermedad con los genes, si la hay, es resultado de decenas o cientos de genes y circunstancias individuales multifactoriales que los "activan" o "apagan" según la persona. El profesor de salud pública de la Universidad de Liverpool, el doctor Weiss, señala:

... the extent to which meaningful individual prediction is even possible remains unclear. The inconvenient truth in the risk-prediction industry is that we are predicting outcomes for groups of people like our patient; we are not predicting the outcome for an individual.

.....

At the molecular level, other kinds of data are likely to shed light on matters that are relevant to an individual's health, including epigenomic data (the study of changes to heritable characteristics that do not involve DNA), proteomic data (the study of the collection of proteins in an individual), microbiome data (the study of all the bacteria, viruses, fungi and protozoa living in an individual) and metabolomic data (the study of all small molecules within an organism) (The Economist, 2020, 13).

➡ 5. Tendencias socioeconómicas derivadas de la medicina de precisión.

Para facilitar el análisis de las tendencias de la medicina de precisión distinguimos, por un lado, las que son consecuencia más estrecha de las relaciones técnicas. Relaciones técnicas son las que se establecen entre trabajadores, sean calificados o no, y los medios de producción en sentido amplio (materia prima, instrumentos, equipo, maquinaria, etc.) que manipulan. Son relaciones técnicas que requieren del conocimiento y experiencia en el proceso de producción.

Por otro lado, están las relaciones sociales que se establecen entre los diferentes agentes que participan del proceso productivo, y donde las modalidades de apropiación y propiedad juegan un papel decisivo. Son, por ejemplo, las relaciones entre empresarios y empleados, entre empresarios y los bancos, entre capitalistas y dueños del suelo, y otras. Estas relaciones sociales dependen más directamente que las técnicas de las relaciones capitalistas en relación con la competencia y la ganancia.

Unas y otras, relaciones técnicas y relaciones sociales, forman una unidad dialéctica y son todas relaciones sociales de producción en sentido amplio. La disección tiene fines analíticos y didácticos, y también se justifica porque las primeras, las tendencias amarradas a las relaciones técnicas, han sido más comentadas que las segundas y aparecen a la percepción como procesos neutros.

Tendencias derivadas de las relaciones técnicas

Varios autores han resaltado consecuencias de la IA como proceso técnico. Muchas de ellas también ocurren en la medicina de precisión.¹ En lo que sigue señalamos las principales mencionadas en la literatura.

- i. Conflictos éticos. En muchos casos los algoritmos elaborados automáticamente (machine learning) son imposibles de ser rastreados, generando una caja negra (Pasquale 2015). Su rastreo, cuando factible, puede resultar en costos mayores al proceso de creación de los propios algoritmos (Mittelman, 2022; Pasquale, 2015; Pasquinelli, 2019; World Health Organization, 2021). Al aplicarse a la salud se violan reconocidos principios éticos de la atención médica. De entre los documentos más importantes sobre las directrices éticas con relación a la investigación biomédica es el Informe Belmont de 1979 de los Estados Unidos (Belmont, 1979). Este informe fue resultado de una comisión nacional creada por el gobierno para elaborar directrices éticas con relación a la investigación biomédica. Uno de sus principales principios es el Respeto a las Personas. Este principio considera que el sujeto de la

¹ Un reporte de la OMS del 2021 sistematiza los desafíos de la aplicación de la IA a la salud (World Health Organization, 2021).

investigación, en este caso el médico, debe tener la facultad de enjuiciar razonablemente el alcance y significado de sus actuaciones, y el paciente debe estar en capacidad de recibir toda la información relevante, de forma que pueda tomar decisiones de manera autónoma (Buisan Espeleta, 1996; 114–15). Con medicina personalizada este principio muestra serias dificultades de implementación porque los algoritmos son procesados automáticamente por los robots que obtienen resultados imposibles de ser rastreados. La confianza en la tecnología debe suplantar cualquier tipo de información relevante que se le ofrezca al paciente, el cual decide con base en la fe en la tecnología sin posibilidad de información ni conocimiento razonado. Tampoco existe transparencia en los procedimientos que llevan del diagnóstico a la terapia y los medicamentos, proceso que también es en gran medida automatizado (World Economic Forum 2020, 104). La posibilidad que corporaciones conozcan el mapa genético de las personas y sus potenciales enfermedades también constituye una cuestión ética, además de económica y jurídica de gran calibre. Ciertamente es que los proyectos de medicina de precisión aseguran que utilizan los datos anónimamente, pero ya ha sido demostrado que datos anónimos pueden ser denanonimizados (The Economist, 2020; 9). Las corporaciones que concentran millones de datos personales los encriptan, para garantizar el anonimato, pero tales corporaciones pueden desencriptarlas (Pollet, 2021). Muchas dificultades reglamentarias se derivan de esto; los laboratorios y empresas farmacéuticas ven cualquier regulación en beneficio de la privacidad de los datos como una potencial reducción de sus ganancias y un conflicto de interés con sus contratos de confidencialidad (Newsweek Vantage, 2019).

- ii. Errores de la tecnología. El proceso técnico se basa en modelos estadísticos que distinguen patrones. Se trata de una inferencia que crea una regla a partir de cantidades de datos analizados. En estos procesos estadísticos existe un porcentaje de error. Pero la aceptación del margen de error no lo establece la máquina, sino los humanos que la activan (Pasquinelli, 2019). En casos reales de aplicación de inteligencia artificial a la guerra murieron civiles inocentes por una apreciación errada de las armas letales con decisión autónoma o LAWS (Lethal Automatic Weapons Systems) (Gibson, 2021). La preocupación mundial por estos temas ha generado la creación de una convención en las Naciones Unidas para estudiar estos casos y sugerir regulaciones. La página web inicia diciendo elocuentemente:

The Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons Which May Be Deemed to Be Excessively Injurious or to Have Indiscriminate Effects as amended on 21 December 2001, usually referred to as the Convention on Certain Conventional Weapons or CCW, is also known as the Inhumane Weapons Convention” (UNODA, n.d.).

La posibilidad de un error en la adjudicación de un fármaco seleccionado por el modelo para determinada enfermedad y subpoblación es teóricamente factible; pero, mientras no se descubra puede multiplicarse el error en innúmeros pacientes a los cuales se aplique el modelo (Nicholson Price II, 2019).

- iii. Reproducción de inequidad de clase, raza, género, etnia, etcétera. Los algoritmos y modelos creados por la IA utilizan datos que conllevan las diferencias de clase, raza, género, y étnicas del momento en que fueron capturados. Estas diferencias son forzosamente reproducidas en el modelo, con lo cual la propia técnica implica el reforzamiento de la diferenciación social y hasta su profundización, una vez que en base a ella se adjudican recursos. Un ejemplo es el caso, ya paradigmático, de la desviación racista en el atendimento a la salud detectado por un equipo de investigación de Berkeley, California. Los investigadores descubrieron que si en el programa se introduce la misma información de dos personas que tienen la misma situación médica, pero son de “razas” diferentes el sistema evalúa como requiriendo cuidado especial al blanco y no al afroamericano. Entre otras variables que la base de datos contiene está el gasto anual en salud de cada paciente. De hecho, todas las bases de datos de los más diversos sectores económicos incluyen información económica que permita estimar el costo beneficio. El algoritmo utilizó la información económica para suponer que aquellos que más gastaban estaban más enfermos y requerían más tratamiento. El caso es que muchos afroamericanos no recibían tratamiento porque su gasto anual en medicamentos era menor que el de los blancos; pero esto ocurría por falta de recursos económicos y no porque no los necesitaran. Sin embargo, la máquina inteligente interpretó que eran más saludables porque gastaban menos en medicamentos (Ledford, 2019). A esto debe sumarse el hecho de que las etiquetas de los datos son elaboradas por humanos que conllevan sus prejuicios individuales ideológicos, religiosos, científicos, etc., lo que también es un elemento de desviación en la clasificación de la información y que termina reproduciendo las diferencias sociales. La utilización de mediciones de costo beneficio es también un problema ético cuando se valoran monetariamente seres vivos silvestres y los seres humanos.
- iv. Secuestro de datos personales. Al independizar los datos personales e integrarlos a cadenas de información es factible la captura, uso y venta a terceras personas o instituciones para beneficio económico. Actualmente existen varios sistemas que concentran información de salud de los pacientes. En algunos casos los propios pacientes suministran directamente la información mediante softwares instalados en sus celulares o desde dispositivos incorporados al organismo biológico o utilizados para el monitoreo regular de la salud. Algunos ejemplos de estos sistemas son: PatientsLikeMe, u-Motif, Voluntis. Algunos de éstos son acuerdos comerciales con

grandes farmacéuticas como Roche o Sanofi (Deloitte, 2017). La posibilidad de secuestrar información individual está presente en todas las etapas de los procesos. Este es uno de los aspectos críticos primeramente cuestionados en relación a la salud y existe un gran volumen de publicaciones al respecto y preocupación por establecer criterios de regulación (Hunter, 2016; Wetsman, 2021). En términos políticos y jurídicos las bases de millones de datos personales capturados gratuitamente y convertidos en algoritmos patentados crean un problema de seguridad de información, algo reconocido por el Foro Económico Mundial 2020: "...no common frameworks for the privacy and ownership of precision health data" (World Economic Forum, 2020).

v. *Tendencias derivadas de las relaciones sociales (competencia, ganancias y proceso de acumulación de capital)*

La revolución tecnocientífica de IA podrá cambiar radicalmente el contexto económico en que la medicina se desarrolla. La medicina de precisión requiere de enormes volúmenes de capital concentrado que sólo grandes corporaciones poseen. Debe existir conexión satelital y rápida internet para permitir el tráfico de información, lo cual marca una diferencia entre países más y menos desarrollados, y entre zonas rurales y urbanas. Toda la información se concentra almacenada en las llamadas granjas de servidores, lo que consume gran cantidad de energía y debe estar localizada en un lugar particularmente seguro en términos de riesgos ambientales y de violencia social, algo que, nuevamente, sólo grandes corporaciones lo logran. El sistema requiere de grandes grupos de personal especializado, capaz de poner en marcha los costosos equipos de computación para procesar millones de datos, elaborar los algoritmos y crear softwares y modelos. No es una tecnología para pequeñas ni medianas empresas; es para grandes consorcios internacionales como Amazon, Google, Microsoft, Alibaba y algunos otros de menor escala. Pero, estas corporaciones no son, en principio, del área de salud, excepto Microsoft que mediante la Fundación Bill & Melinda Gates invierte sostenidamente en medicina. Es muy probable que en pocos años esas grandes de la información y comunicación se asocien con la Big Pharma para, también ellas, introducirse en el sector de salud que es una de las minas de oro del negocio futuro.

vi. *Concentración y centralización del capital.* Estas son tendencias intrínsecas a la competencia capitalista que tienden al monopolio de los sectores estratégicos y a la amalgama con otros sectores de la cadena de suministro. Son ya visibles en la medicina de precisión, a pesar del

This could shift the focus of the healthcare industry from therapeutics to diagnostics and, if that happens, the 'poor stepchild' of the medical industry—as Randy Scott, Chief Executive Officer of Genomic Health, refers to diagnostics—will reshape the economics of medicine (Kling, 2007).

corto periodo de actividad que llevan. Un ejemplo de la centralización de capital es el creciente proceso de convergencia entre el sector de laboratorio y elaboración de diagnósticos clínicos y la Big Pharma de producción de medicamentos. Dos sectores económicos con diferentes objetivos. El sector de diagnóstico ha sido considerado un hijastro de la Big Pharma, con ingresos cercanos a una quinta parte de esta última. Pero, desde los años noventa, esto viene cambiando con el crecimiento de la IA (Kling, 2007). Kling sugiere la tendencia de la Big Pharma a absorber el sector de diagnósticos:

Los ojos de la Big Pharma están puestos en comprar o controlar las empresas de diagnóstico o crear competencia propia. De hecho, casi todas las Big Pharma ya lo están haciendo, acentuando la tendencia objetiva de la economía capitalista a la centralización del capital (Data Journalism Team, 2022).

A la creciente subordinación de las empresas de diagnóstico a la Big Pharma se suma otro notorio sector en la pugna económica. Corporaciones de IA como Google, Amazon y Apple se están introduciendo en el mercado de diagnósticos de salud y también con miras a la farmacogenómica, aprovechando que muchas de ellas ya tienen enormes bases de datos individuales. Aquí la dificultad para la Big Pharma es mucho mayor que con la hijastra del sector de diagnósticos. Se trata de corporaciones que compiten en términos económicos *vis a vis* con muchas de las mayores farmacéuticas.² Es probable ver nuevas alianzas, compras, adquisiciones y furiosa competencia que, en cualquier caso, conducirá a una aún mayor concentración y centralización del capital y poder mundial de las ganadoras (Hirschler, 2018; 2018; Little, 2005). El principal ejecutivo de la corporación Roche lo reconoce de esta manera:

Roche Chief Executive Severin Schwan believes data is the next frontier for drugmakers and he is betting that the Swiss group's leadership in both cancer medicine and diagnostics will put it in pole position. "There's an opportunity for us to have a strategic advantage by bringing together diagnostics and pharma with data management. This triangle is almost impossible for anybody else to copy" (Hirschler, 2018).

² Véase, por ejemplo, la distribución entre 2017 y 2022 del mercado mundial entre las principales corporaciones que poseen nubes (Amazon, Microsoft, Google, etc.) algunas de las cuales como la Azure de Microsoft tiene un sector específico para datos de salud (Statista 2022).

El objetivo para las corporaciones y empresas que participan es, obviamente, la ganancia. Ello se logra acelerando los procesos de diagnóstico, terapia y regulación de medicamentos e identificando biomarcadores que permitan anticipar enfermedades, particularmente las raras y degenerativas y para pacientes con alto poder adquisitivo.

Hace décadas que varios países han estado digitalizando información personal de salud, como es el caso de México, Argentina y Brasil en América Latina. La medicina de precisión toma esta información previa, pero la potencia incorporando los mapas genéticos de las personas. Esto no hay que tomarlo al pie de la letra. Primero, porque el interés no es registrar la genética persona a persona. El interés es que los mapas genéticos anónimos sean incorporados a las amplias bases de datos (Big Data) para, de allí, condensar los millones de mapas genéticos en grupos etiquetados o subpoblaciones que puedan tener susceptibilidad específica a determinadas enfermedades. Luego y mediante análisis farmacogenético se elaboran algoritmos que establecen la regresión entre enfermedad y medicamento en aquellas subpoblaciones (Weiss 2017). La necesidad de enormes bases de datos obliga a la centralización del capital. Azure de Microsoft tiene cobertura en casi todo el mundo y cuenta con acuerdos gubernamentales para obtener la información de salud de esos países (Microsoft /Azure, n.d.; Zhang, 2022).

- vii. Profundización de la brecha desarrollo–subdesarrollo. La medicina genómica significa beneficios económicos para la Big Pharma, porque mientras estos métodos no lleguen a abarcar la mayoría de la población de un país, la medicina de precisión seguirá siendo, como es actualmente, para unos pocos países desarrollados y para enfermedades específicas y pacientes de alto poder adquisitivo. Algunos analistas sugieren que a medida que los algoritmos y la información vaya reduciendo el grupo de subpoblación susceptible a riesgo puede que la Big Pharma desista de continuar, debido a la consecuente reducción del mercado. Un dato elocuente es el caso de las medicinas anticáncer, que es la enfermedad más investigada por la medicina de precisión y donde se han desarrollado más medicamentos específicos para subpoblaciones cada vez menores. El instituto IQVIA identificó 97 nuevos medicamentos anticáncer que fueron aprobados desde 2011 y un artículo de la revista *Jama* de 2018 señaló que las drogas para cáncer, con base en análisis genético en uso

en 2018 eran 31. Más cuestionable aún, en términos gananciales, es el estudio de la American Medical Association en oncología, que estimó que solamente 8 % de los pacientes con cáncer eran elegibles para medicinas de precisión y de ellos apenas un 5 % se verían médicamente beneficiados. El mismo autor señala que el instituto IQVIA estima que 87 % de los nuevos fármacos anticáncer son usados por menos de 10 000 pacientes anualmente (Cutler 2020).

En términos puramente técnicos la medicina de precisión requiere de sofisticados equipos, muchos de ellos nanotecnológicos de manipulación atómica y molecular, como sensores, acceso a Big Data, encapsulamiento y distribución de nanofármacos e implantes (Fornaguera y García-Celma, 2017; Herrmann y Rösslein, 2016). Son tecnologías altamente sofisticadas que apuestan al tratamiento precoz y, al mismo tiempo, dirigido al sitio específico, sean células, un órgano, tejidos, huesos, etc. Además, la medicina de precisión requiere de personal calificado. Todo ello impone una planificación nacional y recursos públicos para la formación profesional, la infraestructura y equipo, y una red de telecomunicaciones apropiada (v. g. 5G, 6G y próximamente 7G), lo que en la carrera mundial probablemente profundizará la inequidad en salud del mundo (The Economist, 2020). El documento mexicano del INMEGEN de 2020 indica que en todo el país no había más de 20 especialistas en medicina genómica (INMEGEN, 2020), lo que es un indicador de las grandes distancias en formación de recursos humanos entre los países.

- viii. *Presión de las corporaciones farmacéuticas sobre los gobiernos.* En los países en que los gobiernos promueven convenios con distintas corporaciones para impulsar la medicina de precisión no existen estudios económicos de costo beneficio para su aplicación en salud pública. De hecho, eso no existe a nivel mundial. Aunque el estado aún inicial de la medicina de precisión no hace posibles evaluaciones globales, la incertidumbre sobre el uso de los recursos públicos para tales efectos constituye, en algunos casos, una barrera a su introducción (The Economist, 2020; 25). En su incipiente década de despegue la medicina de precisión es muy cara, se dirige a sectores acomodados de la sociedad y al tratamiento de algunos tipos específicos de cáncer y otras enfermedades degenerativas y también raras, ignorando las enfermedades epidémicas descuidadas o de países pobres (*neglected diseases*) (Bosetti, 2015). No

sería una sorpresa que, al igual que sucedió con las vacunas contra la Covid, esta medicina profundice la brecha de salud mundial entre países y a su interior.

Las nubes de Microsoft Azure que centralizan millones de datos de salud de los más diversos países son un ejemplo de aquellas incertidumbres. En Europa, al igual que en Australia, Nueva Zelanda y otros países donde los gobiernos han hecho acuerdos con Microsoft para utilizar su nube han surgido voces críticas respecto de la posibilidad de que Microsoft utilice esas bases de datos para fines propios, siendo que son quienes encriptan los datos de salud y crean los algoritmos patentados (Pollet, 2021). No es casual que el impulso a la medicina de precisión venga de la Big Pharma, como lo ilustra el último reporte de GlobalData sobre el tema (Data Journalism Team, 2022) que clasifica a las corporaciones según indicadores que estiman los ganadores (*winners*) en el sector. GlobalData coloca entre las primeras y en orden jerárquico a las conocidas Novartis, Pfizer, Catalent, Johnson & Johnson, Roche, AstraZeneca, Sanofi, Bristol Myers Squibb, Amgen, Gilead Sciences, Patheon, Lonza, Takeda Pharmaceutical, Merck, Eli Lilly, IQVIA, AbbVie, y Parexel. El propósito de estas corporaciones es que los estados y empresas privadas se vean obligadas a comprar el acceso al conocimiento, a depender de los medicamentos que indican y hasta orientar la trayectoria de investigación y de educación biomédica. Microsoft Azure está penetrando en los países de América Latina ofreciendo su nube para centralizar datos de salud (Microsoft Azure, 2015).

Aunque esta medicina puede ser de gran éxito para tratar determinadas enfermedades, permanece como incógnita si resulta en una ventaja para la salud pública de un país y, particularmente, para uno en vías de desarrollo sujeto al control y presión por parte de las grandes farmacéuticas y corporaciones asociadas (Kwame Sundaram y Chowdhury, 2018).

Con financiamiento de la corporación farmacéutica Roche, la iniciativa Future Proofing Healthcare realizó un diagnóstico del nivel en que 10 países de América Latina se ubican respecto de indicadores que se consideran clave para impulsar la medicina personalizada en sus primeros pasos. La mayoría de los indicadores tienen que ver con datos digitalizados de servicios de salud preexistentes, de investigación y desarrollo en medicina y de políticas de salud pública, pero aún no incluyen las

secuencias genéticas de los pacientes que son el meollo de la medicina de precisión. En la escala de los primeros de América Latina quedaron Uruguay, Chile, Costa Rica, México, Argentina y Brasil (FutureProofing Healthcare, 2021). Es interesante notar que las variables que utilizaron para establecer la jerarquía de los países incluyen algunas claramente políticas, como la voluntad política de establecer asociaciones público privadas; otras son, el uso de expedientes clínicos electrónicos, el acceso de los pacientes a sus datos personales, el impulso y liderazgo en publicaciones de artículos médicos sobre la personalización del cuidado de la salud y el progreso en el uso de la tecnología en la prestación de servicios médicos, como la telemedicina (FutureProofing Healthcare, 2021).

Para países con importante población de origen no europea existen vacíos de información que representan una dificultad para la Big Pharma. Un 95 % de los algoritmos existentes trabajan con bases de datos de población de origen genético europeo (García de Jesus, 2022); es por ello que las corporaciones están ansiosas por extender sus bases de datos a la mayor cantidad de poblaciones diferentes. México es un ejemplo elocuente y hay estudios sobre variación genética que muestran alto grado de diferencia entre regiones o estados del país (Moreno-Estrada et al., 2014). Siendo así, la medicina de precisión está más inclinada, por ahora, hacia personas de origen europeo, ya que con la poca caracterización de otras poblaciones se desconoce la efectividad farmacogenómica de los medicamentos (The Economist, 2020).

➔ 6. Conclusiones.

La medicina genómica, de precisión o medicina personalizada tiene como sustento la elaboración de amplias bases de datos con indicadores personales de salud, de características biológicas, de mapas genéticos, etcétera. Mediante métodos estadísticos se identifican subpoblaciones susceptibles a determinadas enfermedades, para las cuales se elaboran medicamentos específicos. Con ello supuestamente se reducirían los efectos adversos de los fármacos y se obtendría un diagnóstico y proceso terapéutico más rápido. Paralelamente, el desarrollo de dispositivos individuales permitiría al paciente dar seguimiento a su enfermedad y, por tanto, a participar en investigaciones biomédicas de manera sistemática; significaría un monitoreo en tiempo real de la evolución de la salud de las

personas y la posibilidad de detectar potenciales enfermedades a partir de biomarcadores y secuencias genéticas con antelación a la manifestación de estas. Claro que para todo esto la existencia de mapas genéticos de las poblaciones que se tratan es un prerequisite lejos de ser aún alcanzado en los países en vías de desarrollo.

Además de las ventajas biomédicas están las económicas, algo prioritario para las corporaciones farmacéuticas basadas en la ganancia, que son los patrocinadores de esta medicina de precisión. Habría un ahorro en materia prima farmacológica; los algoritmos patentados facilitarían el monopolio y con ello la concentración del capital. Las bases de datos en poder de la Big Pharma obligaría a los gobiernos a establecer acuerdos de colaboración para tener acceso a dicha información; y, la posibilidad de extender el tratamiento terapéutico a personas que aún no manifiestan enfermedad, y que sería imposible saber si efectivamente la sufrirán en el caso de no tratarse; excepto, tal vez, en contados casos de enfermedades comprobadamente amarradas a genes específicos.

En términos científicos la medicina de precisión trata con partes cada vez más pequeñas del organismo (v.g. genes), algo cada vez más lejos de la atención de la persona como unidad orgánica bloqueando desarrollos terapéuticos alternativos (Marcum, 2008; Tauber y Sarkar, 1993; Yuan, 2016); en términos teórico-ideológicos estas tecnologías refuerzan la lógica formal y las metodologías mecanicistas, depositando el conocimiento en los procesos automatizados, haciéndolos más complejos y difíciles de regular (Klein et al., 2021). Paralelamente, la propaganda se dirige a convencer al consumidor que los productos ya no son masivos, que la tecnociencia y la economía capitalista que la comanda se ajustan a satisfacer las necesidades personales, cuando en realidad se trata de aplicar estándares estadísticos de miles o millones de individuos de subgrupos genéticos.

Aunque las potenciales ventajas de la medicina genómica o de precisión pueden muy bien ser mayores a su no aplicación para ciertas enfermedades por ahora no comunes, queda en discusión la ventaja para la salud pública que no puede dejar de lado las enfermedades más comunes y poco rentables desde un punto de vista corporativo, pero de gran impacto social.

Bibliografía, fuentes documentales y digitales

- Afantitis, Antreas. 2020. "Nanoinformatics: Artificial Intelligence and Nanotechnology in the New Decade." *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening* 23 (1).
- Bosetti, Rita. 2015. "Cost-Effectiveness of Nanomedicine: The Path to a Future Successful and Dominant Market?" *Nanomedicine (London, England)* 10 (12): 1851–53. <https://doi.org/10.2217/nnm.15.74>.
- Buisan Espeleta, Lydia. 1996. "Bioética y Principios Básicos de Ética Médica." In *Materiales de Bioética y Derecho*, edited by María Casado, 1. ed, 108–22. Textos Abiertos. Barcelona: Cedecs Editorial.
- Carchedi, Guglielmo. 2022. "The Ontology and Social Dimension of Knowledge: The Internet Quanta Time." *International Critical Thought* 0 (0): 1–30. <https://doi.org/10.1080/21598282.2022.2113170>.
- CDC. 2020. "Antibiotic-Resistant Germs: New Threats." Centers for Disease Control and Prevention. March 13, 2020. <https://www.cdc.gov/drugresistance/biggest-threats.html>.
- Cutler, David M. 2020. "Early Returns From the Era of Precision Medicine." *JAMA* 323 (2): 109–10. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.20659>.
- Data Journalism Team. 2022. "Revealed: Pharma Leaders in Precision and Personalised Medicine." Pharmaceutical Technology. January 25, 2022. <https://www.pharmaceutical-technology.com/features/revealed-pharma-leaders-in-precision-and-personalised-medicine/#:~:text=According%20to%20our%20analysis%2C%20Novartis,from%20investments%20in%20precision%20and>.
- De Klerk, Geert Jan M. 1979. "Mechanism and Vitalism. A History of the Controversy." *Acta Biotheoretica* 28 (1): 1–10. <https://doi.org/10.1007/BF00054676>.
- Deloitte. 2017. "Pharma and the Connected Patient How Digital Technology Is Enabling Patient Centricity." Deloitte Centre for Health Solutions. 2017. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/life-sciences-health-care/deloitte-uk-pharma-and-the-connected-patient.pdf>.
- EAPM. 2012. "European Alliance for Personalised Medicine." 2012. <https://www.euapm.eu/>.
- Farmer, P. 1996. "Social Inequalities and Emerging Infectious Diseases." *Emerging Infectious Diseases* 2 (4): 259–69. <https://doi.org/10.3201/eid0204.960402>.
- Federspil, Giovanni, and Nicola Sicolob. 1994. "The Nature of Life in the History of Medical and Philosophic Thinking." *Am J Nephrol* 14 (4–6): 337–43.
- Fornaguera, Cristina, and María José García-Celma. 2017. "Personalized Nanomedicine: A Revolution at the Nanoscale." *Journal of Personalized Medicine* 7 (4): 12. <https://doi.org/10.3390/jpm7040012>.
- FutureProofing Healthcare. 2021. "Índice de Medicina Personalizada de América Latina." FutureProofing Healthcare. 2021. <https://www.futureproofinghealthcare.com/es/mexico-indice-de-medicina-personalizada>.
- Galea, Sandro. 2016. "Precision Medicine and Population Health: Forging a Consensus." BU School of Public Health. <https://www.bu.edu/sph/news/articles/2016/precision-medicine-and-population-health-forging-a-consensus/>.
- García de Jesus, Erin. 2022. "How One Scientist Aims to Include More Black People in Genetic Data." *Science News*, February 9, 2022. <https://www.sciencenews.org/article/genetic-data-represent-black-people-tshaka-cunningham>.

- Geiser, Ken. 2015. *Chemicals without Harm: Policies for a Sustainable World*. 1 edition. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Gibson, Jennifer. 2021. "Death by Data: Drones, Kill Lists and Algorithms." *E-International Relations* (blog). February 18, 2021. <https://www.e-ir.info/2021/02/18/death-by-data-drones-kill-lists-and-algorithms/>.
- Herrmann, Inge K, and Matthias Rösslein. 2016. "Personalized Medicine: The Enabling Role of Nanotechnology." *Nanomedicine* 11 (1): 1–3. <https://doi.org/10.2217/nmm.15.152>.
- Hirschler, Ben. 2018. "Big Pharma, Big Data: Why Drugmakers Want Your Health Records." *Reuters*, March 1, 2018, sec. Healthcare & Pharma. <https://www.reuters.com/article/us-pharmaceuticals-data-idUSKCN1GD4MM>.
- Hunter, Philip. 2016. "The Big Health Data Sale." *EMBO Reports* 17 (8): 1103–5. <https://doi.org/10.15252/embr.201642917>.
- Inf. Belmont. 1979. "Informe Belmont." *Observatori Di Bioètica i Dret*. April 18, 1979. <http://www.bioeticayderecho.ub.edu/archivos/norm/InformeBelmont.pdf>.
- Iriart, Celia, Howard Waitzkin, Jaime Breilh, Alfredo Estrada, and Merhy Emerson. 2002. "Medicina Social Latinoamericana: Aportes y Desafíos." *Revista Latinoamericana de Salud Pública* 12 (2): 128–36.
- Iriart, Jorge Alberto Bernstein. 2019. "Precision Medicine/Personalized Medicine: A Critical Analysis of Movements in the Transformation of Biomedicine in the Early 21st Century." *Cadernos De Saude Publica* 35 (3): e00153118. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00153118>.
- Klein, Kevin, Gerrit Borchard, Vinod P. Shah, Beat Flühmann, Scott E. McNeil, and Jon S. B. de Vlieger. 2021. "A Pragmatic Regulatory Approach for Complex Generics through the U.S. FDA 505(j) or 505(b)(2) Approval Pathways." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1502 (1): 5–13. <https://doi.org/10.1111/nyas.14662>.
- Kling, Jim. 2007. "Diagnosis or Drug? Will Pharmaceutical Companies or Diagnostics Manufacturers Earn More from Personalized Medicine?" *EMBO Reports* 8 (10): 903–6. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7401080>.
- Konski, Antoinette. 2022. "Personalized Medicine: 2021 FDA Guideposts for Progress." *The National Law Review*. *Foley & Lardner LLP*, April 26, 2022. <https://www.natlawreview.com/article/personalized-medicine-2021-fda-guideposts-progress>.
- Kwame Sundaram, Kwama, and Anis Chowdhury. 2018. "Developing Countries Losing Out To Digital Giants." *InterPress Service*, October 17, 2018. <https://www.globalissues.org/news/2018/10/17/24603>.
- Ledford, Heidi. 2019. "Millions of Black People Affected by Racial Bias in Health-Care Algorithms." *Nature* 574 (7780): 608–9. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-03228-6>.
- Little, Stephen. 2005. "Personalised Medicine: What's in It for Big Pharma?" *Drug Delivery World (DDW)*. winter 2005. <https://www.ddw-online.com/personalised-medicine-whats-in-it-for-big-pharma-1224-200512/>.
- Marcum, James A. 2008. *An Introductory Philosophy of Medicine: Humanizing Modern Medicine*. Springer. <https://b-ok.org/book/740600/fbffd>.
- McQuillan, Dan. 2018. "Manifesto on Algorithmic Humanitarianism." Presented at the symposium on 'Reimagining Digital Humanitarianism', University of London, February 16.
- Microsoft Azure. 2015. "Los clientes de salud en la región pueden saltar a un TI moderno y a una mejor atención." *News Center Latinoamérica*. August 18, 2015. <https://news.microsoft.com/es-xl/los-clientes-de-salud-en-la-region-pueden-saltar-a-un-ti-moderno-y-a-una-mejor-atencion/>.

- Microsoft /Azure. n.d. “Precision Medicine Pipeline with Genomics - Azure Example Scenarios.” Microsoft Azure. Accessed October 20, 2022. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/example-scenario/precision-medicine/genomic-analysis-reporting>.
- Mittelman, James H. 2022. “The Power of Algorithmic Capitalism.” *International Critical Thought*. <https://doi.org/10.1080/21598282.2022.2070858>.
- National Institutes of Health. 2015. “Precision Medicine Initiative: Privacy and Trust Principles.” All of Us Research Program | NIH. 2015. <https://allofus.nih.gov/protecting-data-and-privacy/precision-medicine-initiative-privacy-and-trust-principles>.
- Newsweek Vantage. 2019. “Precision Medicine: Creating Value for Everyone.” *Newsweek and Think Big Partners WLL*, 2019. <https://d.newsweek.com/en/file/459604/newsweek-vantage-precision-medicine.pdf>.
- NHGRI. 2021. “The Cost of Sequencing a Human Genome.” National Human Genome Research Institute, NIH. 2021. <https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Sequencing-Human-Genome-cost>.
- Nicholson Price II, W. 2019. “Risks and Remedies for Artificial Intelligence in Health Care.” *Brookings* (blog). November 14, 2019. <https://www.brookings.edu/research/risks-and-remedies-for-artificial-intelligence-in-health-care/>.
- Oguike, Osondu. 2021. *A First Course in Artificial Intelligence*. Sharjah: Bentham Science Publishers.
- Parexel. n.d. “Precision Medicine Clinical Trials: A Personalized Approach to Medicine.” EIU Parexel. Accessed April 28, 2022. <https://druginnovation.eiu.com/precision-medicine-trials/>.
- Pasquale, Frank. 2015. *The Black Box Society: The Secret Algorithms That Control Money and Information*. Cambridge: Harvard University Press.
- Pasquinelli, Matteo. 2017. “Machines That Morph Logic: Neural Networks and the Distorted Automation of Intelligence as Statistical Inference.” *Glass Bead Site* 1: Logic Gate. (The Politics of Artifactual Mind). <https://www.glass-bead.org/article/machines-that-morph-logic/>.
- . 2019. “How a Machine Learns and Fails. A Grammar of Error for Artificial Intelligence.” *Spheres. Journal for Digital*, no. 5 Spectres of AI: 1–17.
- Patseer. n.d. “Patent Landscape Report on Precision Medicine.” PatSeer. Accessed May 7, 2022. <https://patseer.com/2020/12/patent-landscape-report-on-precision-medicine/>.
- Peirce, Charles Sanders. 1958. “Terms, Propositions, and Arguments. CP 2.95.” In *The Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Vol. 1931-1935. Vols. VII-VIII. Harvard University Press.
- Pollet, Mathieu. 2021. “French Decision to Have Microsoft Host Health Data Hub Still Attracts Criticism.” *Www.Euractiv.Com*. February 19, 2021. <https://www.euractiv.com/section/health-consumers/news/french-decision-to-have-microsoft-host-health-data-hub-still-attracts-criticism/>.
- Schork, Nicholas J. 2015. “Personalized Medicine: Time for One-Person Trials.” *Nature* 520 (7549): 609–11. <https://doi.org/10.1038/520609a>.
- Statista. 2022. “Global Cloud Infrastructure Market Share 2022.” Statista. 2022. <https://www.statista.com/statistics/967365/worldwide-cloud-infrastructure-services-market-share-vendor/>.
- Stoykova, Zhaklin, and Lyubomira Koeva-Dimitrova. 2019. “Personalized Medicine from Ancient Times to the Present [Възникване и Развитие На Персонализираната Медицина].” *Health Economics and Management* 1 (71): 10–20. <https://doi.org/10.14748/ssvs.v2i0.4598>.

- Tauber, Alfred I, and Sahotra Sarkar. 1993. "The Ideology of the Human Genome Project." *Journal of the Royal Society of Medicine* 86 (Sept): 537–40.
- The Economist. 2020. "Doing Well? Fulfilling the Promise of Precision Medicine." The Economist Intelligence Unit Ltd. <https://www.eiu.com/n/fulfilling-the-promise-of-precision-medicine/#:~:text=Precision%20medicine%20is%20expected%20to,for%20money%3B%20and%20the%20overall>.
- UNODA. n.d. "The Convention on Certain Conventional Weapons." United Nations Office of Disarmament Affairs. Accessed October 20, 2022. <https://www.un.org/disarmament/the-convention-on-certain-conventional-weapons/>.
- Weiss, Kenneth M. 2017. "Is Precision Medicine Possible?" *Issues in Science and Technology* 4 (1). <https://issues.org/is-precision-medicine-possible/>.
- Wetsman, Nicole. 2021. "Hospitals Are Selling Treasure Troves of Medical Data — What Could Go Wrong?" The Verge. June 23, 2021. <https://www.theverge.com/2021/6/23/22547397/medical-records-health-data-hospitals-research>.
- World Economic Forum. 2020. "Global Precision Medicine Council Vision Statement 2020." WEF. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Precision_Medicine_Council_Vision_Statement_2020.pdf.
- World Health Organization. 2021. *Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health: WHO Guidance*. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/341996>.
- Yuan, Bing. 2016. "Precision Medicine: Towards Complexity Science Age." *Chinese Journal of Integrative Medicine* 22 (4): 251–57. <https://doi.org/10.1007/s11655-016-2496-z>.
- Zhang, Mary. 2022. "Microsoft Azure's Data Center Locations: Regions and Availability Zones." *Dgtl Infra* (blog). April 11, 2022. <https://dgtlinfra.com/microsoft-azure-data-center-locations/>.

Números anteriores



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 1
Enero-Febrero 2011
Una interpretación sobre el bajo crecimiento económico en México
Isaac Leobardo Sánchez Juárez



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 2
Marzo-Abril 2011
Análisis exploratorio de datos espaciales de la segregación urbana en Ciudad Juárez
Jaime García De la Rosa



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 3
Mayo-Junio 2011
Diagnóstico y perspectivas del sector terciario en las regiones mexicanas
Rosa María García Almada



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 4
Julio-Agosto 2011
Desarrollo y pobreza en México. Los índices IDH y FGT en la primera década del siglo XXI
Myma Liras Hernández



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 5
Septiembre-Octubre 2011
Las transferencias intergubernamentales y el tamaño del gobierno federal
Raúl Alberto Ponce Rodríguez



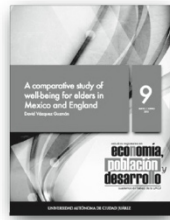
Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 6
Noviembre-Diciembre 2011
El sector servicios en las ciudades fronterizas del norte de México
José Luis Manzanares Rivera



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 7
Enero-Febrero 2012
Desplazamientos forzados: migración e inseguridad en Ciudad Juárez, Chihuahua
María del Socorro Velázquez Vargas



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 8
Enero-Febrero 2012
Economía y desarrollo en Chihuahua, México. Una propuesta de análisis regional
Jorge Arturo Meza Moreno



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 9
Mayo - Junio 2012
A comparative study of well-being for elders in Mexico and England
David Vázquez Guzmán



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 10
Julio - Agosto 2012
Political competition and the (in)effectiveness of redistribution in a federation
Ikhuo Kochi y Raúl Alberto Ponce



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 11
Septiembre - Octubre 2012
Análisis y determinantes de la productividad legislativa en México (2009-2012)
Bárbara Briones Martínez



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 12
Noviembre - Diciembre 2012
Agricultura orgánica y desarrollo: un análisis comparativo entre países de América Latina
Sofía Boza Martínez



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 13
Enero - Febrero 2013
Dinámica demográfica y crisis socioeconómica en Ciudad Juárez, México, 2000-2010
Wilebaldo Martínez Toytes



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 14
Marzo - Abril 2013
Capital social y desarrollo industrial. El caso de Prato, Italia
Pablo Galaso Reza



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 15
Mayo - Junio 2013
Política industrial activa como estrategia para el crecimiento de la economía mexicana
Isaac Leobardo Sánchez Juárez



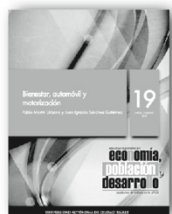
Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 16
Julio - Agosto 2013
Desarrollo local y organización productiva en el noroeste de Uruguay
Adrián Rodríguez Miranda



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 17
Septiembre - Octubre 2013
Vulnerabilidad social y vivienda en Sonora, México
Jesús Enriquez Acosta y Sarah Bemal Salazar



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 18
Noviembre - Diciembre 2013
Choques de política monetaria en México: un análisis del modelo SVAR, 1995-2012
Adelaido García-Andrés y Leonardo Torre Cepeda



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 19
Enero - Febrero 2014
Bienestar, automóvil y motorización
Pablo Martín Urbano y Juan Ignacio Sánchez Gutiérrez



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 20
Marzo - Abril 2014
Beneficio económico y turismo evosistémico. El caso de las tallas en Michoacán, México
Carlos Francisco Ortiz Paniagua y Georgina Jatzire Arévalo Pacheco



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 21
Mayo - Junio 2014
Crisis inmobiliaria, recesión y endeudamiento masivo, 2002-2011
Miguel Ángel Rivera Ríos



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 22
Julio - Agosto 2014
Ficciones en el comercio interregional: una aproximación basada en datos municipales
Jorge Díaz Lanchas y Carlos Llano Verduras



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 23
Septiembre - Octubre 2014
Formando microempresarios: los servicios de desarrollo de negocio para reforzar el impacto de los microcréditos
Olga Biosca Artuñano



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 24
Noviembre - Diciembre 2014
El crecimiento de las regiones y el paradigma del desarrollo divergente. Un marco teórico
Luis Enrique Gutiérrez Casas



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 25
Enero - Febrero 2015
Progressivity and decomposition of VAT in the Mexican border, 2014
Luis Huesca Reynosa, Arturo Robles Valencia Abdelkrim Arar



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 26
Marzo - Abril 2015
Capital Social y desempeño empresarial: la industria metalmeccánica en Ciudad Juárez, México
Raúl Jiménez Castañeda y Gabriela Sánchez Bazán



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 27
Mayo-Junio 2015
La curva de Phillips para la economía cubana. Un análisis empírico
Malena Portal Boza, Damián Feiño Madrigal y Sergio Valdés Pasarán



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 28
Julio - Agosto 2015
Género, migración y ruralidad en Chile
Maruja Cortés y Sofía Boza



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 29
Septiembre - Octubre 2015
Aceleración de la urbanización global y movilidad sostenible
Maruja Cortés y Sofía Boza



Economía, población y desarrollo.
Cuadernos de trabajo No 30
Noviembre - Diciembre 2015
The asymmetric effects of monetary policy on housing across the level of development
Jorge Rafael Figueroa Eleas, Pablo Martín Urbano y Juan Ignacio Sánchez Gutiérrez

Números anteriores



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 31
Enero - Febrero 2016
A composite leading cycle indicator for Uruguay
Pablo Galaso Rea y Sandra Rodríguez López



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 32
Marzo - Abril 2016
Increased trade openness, productivity, employment and wages: a difference-in-differences approach
Silvia Adriana Pelfuffo Geronazzo



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 33
Mayo - Junio 2016
Competitividad local en el norte de México: el caso de la zona metropolitana de Monterrey
Carlos Gómez Díaz de León y Gustavo Hernández Martínez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 34
Julio - Agosto 2016
El desarrollo local y los sistemas de encadenamientos productivos en el sur de Tlaxcala, México
María del Pilar Jiménez Márquez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 35
Septiembre - Octubre 2016
Características y determinantes de la informalidad laboral en México
Enrique Cuevas Rodríguez, Hugo Antón de la Torre Ruiz y Saul Oswaldo Regla Dávila



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 36
Noviembre - Diciembre 2016
Desarrollo regional y terciarización: los casos de Guanajuato y Querétaro, México
Jordy Micheli Tharion



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 37
Enero - Febrero 2017
Sostenibilidad de pequeños productores en Tlaxcala, Puebla y Oaxaca, México
Tatzil Isela Bustamante Lara, Benjamin Carrera Chávez y Rita Schwentesius Rindermann



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 38
Marzo - Abril 2017
Estructura regional y polarización económica-poblacional en el centro de México
Alejandra Berenice Trejo Nieto



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 39
Mayo - Junio 2017
Orígenes del neoestructuralismo latinoamericano
Carlos Molloquín Szuarte



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 40
Julio - Agosto 2017
Crecimiento económico en México y manufactura global
Alfredo Esquivel Espinal y Roberto Ramírez Rodríguez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 41
Septiembre - Octubre 2017
Neoliberalización, turismo y socioeconomía en Baja California Sur, México
Mamuel Ángeles, Alba E. Giménez y Ricardo Bórquez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 42
Noviembre - Diciembre 2017
Las microempresas y la reducción de la pobreza en Jalisco, México
María Alejandra Santos Huerta y Leo Guzmán Anaya



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 43
Enero - Febrero 2018
Las zonas económicas especiales en el suroeste de México y el desarrollo regional
José Manuel Orozco Plascencia



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 44
Marzo - Abril 2018
Reubicación de la industria manufacturera en México en la apertura comercial 1980-2014
Jorge Rafael Figueroa Elenes, Tomás Arroyo Parra y Aneluis Aragón Jiménez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 45
Mayo - Junio 2018
Agencia y Pobreza en la población económicamente activa mexicana
María Teresa Herrera Rendón Nebel y Miguel Ángel Díaz Carreño



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 46
Julio - Agosto 2018
Reestructuración industrial y empleo en Baja California, México (1980 - 2014)
Martín Ramírez Urquidí, Juan Antonio Meza Fregoso y Luis Armando Becerra Pérez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 47
Septiembre - Octubre 2018
Ciencia, tecnología e innovación en México: un análisis de la política pública
Claudia Díaz Pérez y Moisés Alejandro Alarcón Osuna



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 48
Noviembre - Diciembre 2018
Los límites del crecimiento económico en la frontera norte de México
Luis Enrique Gutiérrez Casas



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 49
Enero - Febrero 2019
La era de Trump y sus impactos en la frontera norte de México
Dirección General Noroeste
Varios autores



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 50
Marzo - Abril 2019
Diversificación productiva y especializaciones sectoriales en Chile
Ignacio Rodríguez Rodríguez, Paulina Sanhueza Martínez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 51
Mayo - Junio 2019
Impacto de la homologación del IVA en el consumo de los hogares de Quintana Roo, México
Rolando Israel Valdez Ramírez y Emilio Hernández Gómez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 52
Julio - Agosto 2019
Las remesas internacionales del PTAT y su impacto en el capital humano
Román Sánchez Dávila, Lidia Carvajal Gutiérrez y Oswaldo García Salgado



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 53
Septiembre - Octubre 2019
How economic forgot power
Carlos Molloquín



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 54
Noviembre - Diciembre 2019
Modelos de transporte por carretera y emisiones de carbono aplicables en las ciudades y su entorno
Pablo Martín Urbano, Juan Ignacio Sánchez Gutiérrez y Abril Yuriko Herrera Ríos



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 55
Enero - Febrero 2020
La estrategia urbanizadora de un espacio rural. El caso de Matatlán, México
Javier Rentería Vargas, María Evangelina Salinas Escobar, María Teresa Rentería Rodríguez y Amando Chávez Hernández



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 56
Marzo - Abril 2020
Indicador integral de dotación de infraestructuras en las entidades federativas de México, 2005-2015
Aneluis Aragón Jiménez y Jorge Rafael Figueroa Elenes



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 57
Mayo - Junio 2020
Unconventional monetary policy and creditmarket activity
Juan Carlos Medina Guirado



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 58
Julio - Agosto 2020
El caso de San Luis Potosí (México)
Cuauhtémoc Modesto López y Leonardo David Tenorio Martínez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 59
Septiembre - Octubre 2020
El índice de desarrollo de TIC en las economías urbana y rural de México
Alejandro Nava Galán y Albania Padilla Martínez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 60
Noviembre - Diciembre 2020
El índice de desarrollo de TIC en las economías urbana y rural de México
Marlen Martínez Domínguez y Jimena Méndez Navarro

Números anteriores



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 67
Enero - Febrero
Carencia alimentaria, cadenas productivas y políticas públicas para el sector agrícola en México
Luis Kato Maldonado y Guadalupe Huerta Moreno



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 68
Marzo - Abril
Efecto de la gestión del factor humano en la flexibilidad y la efectividad organizacionales en PYMES turísticas mexicanas
María Alondra de la Llave Hernández
Diana Domínguez del Callejo Canal
Margarita Edith Canal Martínez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 69
Mayo - Junio
Políticas públicas municipales para enfrentar la pandemia de COVID-19: el caso de los municipios de Michoacán, México
Manuel Vázquez Hernández
Carlos Francisco Ortiz Paniagua



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 70
Julio - Agosto
Movilidad y desarrollo urbano: una revisión de los factores estratégicos de su gobernanza y sostenibilidad
Francisco Javier Rosas Ferrusca
Petró Leobardo Jiménez Sánchez
Juan Roberto Calderón Maya



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 71
Septiembre - Octubre
Efecto de las variables socioeconómicas en la inflación y el desempleo en México, 1980 - 2019
Esther Figueroa Hernández
Francisco Pérez Soto
Lucila Godínez Montoya
Rebeca Alejandra Pérez Figueroa



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 72
Noviembre - Diciembre
Condiciones sociales y de salud como determinantes de los contagios y fallecimientos por la covid-19 en México
Enrique Cuevas Rodríguez
Bernardo Jaén Jiménez
María Soledad Castellanos Villarruel



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 73
Enero - Febrero
La gestión de los recursos hídricos en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México
Jorge Rafael Figueroa Elenes,
Rafael Rentería Escobar
y Pablo Martín Urbano



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 74
Marzo - Abril
El crecimiento de la economía subterránea en Mesoamérica
Aurora Furlong y Zacaula
Raúl Netzahualcoyotzi Luna
Edwin Hernández Herrera



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 75
Mayo - Junio
Desarrollo sustentable y salud en el medio urbano. El caso de Oaxaca, México
Andrés Miguel Cruz
Ruffo Cain López Hernández
Andrés Enrique Miguel Velasco
Consuelo Mireya Dávila Núñez



Economía, población y desarrollo
Cuadernos de trabajo No. 76
Julio - Agosto
Las nuevas redes de centros de desarrollo tecnológico aplicado. Una aproximación al caso británico
Germán Herrera Bartis
Patricia Gutti

I. Para el documento general:

Tipo de letra: Times New Roman.

Tamaño: 11 puntos.

Interlineado: 1.5 espacios.

Títulos y subtítulos:

El texto principal en 11 puntos. Títulos 12 puntos (en resaltado). Subtítulos 11 puntos. Cada título y subtítulo deberá numerarse bajo el siguiente orden: 1, 1.1, 2, 2.1, 2.2...

La extensión máxima de los cuadernos de trabajo será de 40 cuartillas.

La primera vez que se emplee una sigla en el texto se especificará primero su equivalencia completa y después la sigla.

II. Hoja de presentación:

Título:

14 puntos, centrado, resaltado.

Nombre de autor(es):

12 puntos

Resumen y abstract:

Debe incluir resumen en español y abstract (diez puntos), no mayor a 250 palabras

Palabras clave:

Incluir entre tres y cinco palabras clave, en español e inglés

Referencia del autor o autores:

Institución de adscripción, grado académico y líneas-grupos de investigación que desarrolla y a los que pertenece.

III. Sistema de referencia de citas:

Harvard-APA

Las citas bibliográficas en el texto deberán incluir entre paréntesis sólo el apellido del autor, la fecha de publicación y el número de página; por ejemplo: (Quilodrán, 2001: 33).

IV. Notación en sección de bibliografía y fuentes de información:

Se deberá incluir al final del texto. Toda referencia deberá estar mencionada en el texto o notas de pie de página.

Cada referencia iniciará con el primer apellido o los apellidos, luego el nombre del autor, y después, entre paréntesis, el año de publicación seguido de un punto. Ejemplos:

Se deberá incluir al final del texto. Toda referencia deberá estar mencionada en el texto o notas de pie de página.

Cada referencia iniciará con el primer apellido o los apellidos, luego el nombre del autor, y después, entre paréntesis, el año de publicación seguido de un punto. Ejemplos:

Artículo:

Ros, Jaime (2008). “La desaceleración del crecimiento económico en México desde 1982”, en Trimestre Económico, vol. 75, núm. 299, pp. 537-560.

Libro:

Villarreal, René (2005). Industrialización, competitividad y desequilibrio externo en México.

Un enfoque macroindustrial y financiero (1929-2010), México, Fondo de Cultura Económica.

Capítulo de libro:

Castillo, Manuel Ángel (2003). “La política de inmigración en México: un breve recuento”, en Manuel Ángel Castillo, Alfredo Lattes y Jorge Santibáñez (coords.), Migración y fronteras, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte / Asociación Latinoamericana de Sociología / El Colegio de México, pp. 425-451.

V. Notas de pie de página:

Se utilizarán para hacer indicaciones complementarias, aclaraciones o ampliación de una explicación. La nota de pie de página en Times New Roman, 10 puntos.

VI. Tipología de imágenes dentro del texto:

Cuadro

Gráfica

Diagrama

Mapa

Figura

Todas las imágenes deben ser numeradas y mencionadas dentro del texto. A toda imagen debe incluirse la fuente.

Las indicaciones de la imagen: tipo y número de imagen, título de imagen y fuente se escriben en 10 puntos. En el texto poner como imagen los mapas, figuras, gráficas y diagramas –con el ánimo de no perder el formato realizado por el autor.

VII. Ecuaciones y fórmulas:

Si se utilizan ecuaciones o fórmulas deberá utilizarse el editor de ecuaciones de Word y numerarse.

VIII. Envío de trabajos

Los trabajos deben ser enviados a la dirección de correo: lgtz@uacj.mx. Con el Dr. Luis Enrique Gutiérrez Casas, editor de esta publicación.

La aceptación de cada colaboración dependerá de la evaluación de dos dictaminadores especialistas en la materia que se conservarán en el anonimato, al igual que el autor (autores) para efectos de la misma.

I. For General Document:

Font type: Times New Roman.

Size: font size 11.

Paragraph: 1.5 line spacing.

Titles and subtitles: Main text font size 11. Titles font size 12 (Bold). Subtitles font size 11.

Each title and subtitle should be numbered in the following order: 1, 1.1, 2, 2.1, 2.2...

The maximum length of the workbooks will be 40 pages.

The first time an abbreviation is used in the text will be specified first complete equivalence and then stands.

II. Front cover:

Title:

Font size 14, centered, Bold.

Author name(s):

Font size 12.

Abstract:

It should include abstract in Spanish and abstract (font size 10), no more than 250 words.

Keywords:

Include three to five keywords, in Spanish and English.

Reference of author:

Institution of affiliation, academic degree and line-developed by research groups and belonging.

III. Bibliographical appointment system:

Harvard-APA

Citations in the text should include between parentheses only the author's name, publication date and page number, for example:

(Quilodrán, 2001: 33).

IV. Notation about Bibliography section and Information fonts:

Should be included at the end of the text. All references must be mentioned in the text or footnotes page.

Each reference starts with the first name or last name, then the name of the author, and then, in parentheses, the year of publication followed by a period. Examples:

Article:

Ros, Jaime (2008). "La desaceleración del crecimiento económico en México desde 1982", en Trimestre Económico, vol. 75, núm. 299, pp. 537-560.

Book:

Villarreal, René (2005). Industrialización, competitividad y desequilibrio externo en México. Un enfoque macroindustrial y financiero (1929-2010), México, Fondo de Cultura Económica.

Book chapter:

Castillo, Manuel Ángel (2003). “La política de inmigración en México: un breve recuento”, en Manuel Ángel Castillo, Alfredo Lattes y Jorge Santibáñez (coords.), Migración y fronteras, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte / Asociación Latinoamericana de Sociología / El Colegio de México, pp. 425-451.

V. Footnotes:

Must be used to make additional indications, clarification or expansion of an explanation. The footnotes must be in Times New Roman, font size 10.

VI. Image typology inside text:

Picture

Graph

Diagram

Map

Figure

All images must be numbered and mentioned in the text, should include the source image. The indications of the image: type and number of image, image title and source are written in 10 font size. In the text set as image maps, figures, graphs and charts-with the intention of not losing the formatting by the author.

VII. Equations and Formulae:

When using equations or formulas should be used in Microsoft Word equation editor and numbered.

VIII. Paper sending

Entries must be sent to the email address: lgtz@uacj.mx. With Dr. Luis Enrique Gutiérrez Casas, editor of this publication.

Acceptance of each collaboration will depend on the evaluation of two examiners skilled in the art to be kept anonymous, like the author(s) for the same purposes.



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
CIUDAD JUÁREZ

Publicación afiliada a la



Red
Iberoamericana
de Estudios
del Desarrollo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Número 77, septiembre - octubre de 2023

Director y editor

Dr. Luis Enrique Gutiérrez Casas

Comité editorial
Sección internacional

Dra. Sofía Boza Martínez (Universidad de Chile, Chile)
Dra. Olga Biosca Artiñano (Glasgow Caledonian University, Reino Unido)
Dra. Ángeles Sánchez Díez (Universidad Autónoma de Madrid, España)
Dr. Thomas Fullerton Mankin (University of Texas at El Paso, Estados Unidos)
Dr. Adrián Rodríguez Miranda (Universidad de la República, Uruguay)
Dra. Ikuho Kochi (Kanazawa University, Japón)
Dr. Pablo Galaso Reca (Universidad de la República, Uruguay)

Sección local
(Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)

Dra. Myrna Limas Hernández
Dra. Rosa María García Almada
Dr. Raúl Alberto Ponce Rodríguez
Dr. Isaac Leobardo Sánchez Juárez
Dr. Héctor Alonso Barajas Bustillos
Dr. Juan Carlos Medina Guirado
Mtra. María Del Socorro Velázquez Vargas



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
CIUDAD JUÁREZ

Economía, Población y Desarrollo
ISSN 2007-3739

Edición impresa:
Número de reserva 04-2022-071309174300-102
Edición digital:
Número de reserva 04-2021-081717103700-203

www.riedesarrollo.org



Publicación afiliada a la Red Iberoamericana de
Estudios del Desarrollo

© Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Avenida Plutarco Elías Calles #1210, Fovissste Chamizal
Ciudad Juárez, Chih., México.
www.uacj.mx