



# El uso de la analítica predictiva y prescriptiva de datos para acelerar la investigación médica ante desafíos de salud pública

Leveraging predictive and prescriptive data analytics to accelerate medical research amid public health challenges

Recibido: 20 de diciembre de 2025

*Michelle A. Fuentes-Acosta*

Aceptado: 26 de marzo de 2026

*Daniel Osorio-González\**

## RESUMEN

La pandemia por COVID-19 impulsó la ciencia de datos en la investigación biomédica y la gobernanza sanitaria generando un fenómeno de innovación y colaboración científica sin precedentes en el siglo XXI. El presente artículo tiene como objetivo analizar cómo las herramientas computacionales avanzadas y la analítica de datos, aplicadas al estudio de biomoléculas virales y dinámicas poblacionales, generan conocimiento científico con relevancia social para fortalecer la gestión de emergencias de salud pública. A través de un enfoque multidisciplinario y utilizando al SARS-CoV-2 como caso de estudio, se examina la transición de la analítica descriptiva hacia modelos predictivos y prescriptivos. El análisis demuestra que la ciencia de datos abierta y colaborativa aceleró el desarrollo de vacunas de nueva generación mediante inteligencia artificial y modelado bioinformático, y además, transformó la vigilancia epidemiológica y la toma de decisiones gubernamentales en tiempo real. Asimismo, se discuten implicaciones críticas como la brecha digital, la soberanía tecnológica y los desafíos éticos. Se concluye que la integración permanente de la analítica de datos aplicada, sustentada en principios de equidad y cooperación internacional, constituye un pilar estratégico indispensable para consolidar sistemas de salud anticipatorios, resilientes y socialmente responsables ante futuras amenazas sanitarias.

**PALABRAS CLAVE:** analítica de datos, salud pública, COVID-19, SARS-CoV-2, pandemia

## ABSTRACT

The COVID-19 pandemic accelerated the use of data science in biomedical research and health governance, fostering a phenomenon of scientific innovation and collaboration unprecedented in the 21st century. This article aims to analyze how advanced computational tools and data analytics—applied to the study of viral biomolecules and population dynamics—generate scientifically robust and socially relevant knowledge to strengthen public health emergency management. Adopting a multidisciplinary approach and using SARS-CoV-2 as a primary case study, this work examines the transition from descriptive analytics toward predictive and prescriptive modeling. The analysis demonstrates that open and collaborative data science not only expedited the development of next-generation vaccines through artificial intelligence and bioinformatic modeling but also transformed epidemiological surveillance and real-time governmental decision-making. Furthermore, critical implications such as the digital divide, technological sovereignty, and ethical challenges are discussed. The study concludes that the permanent integration of applied data analytics, underpinned by principles of equity and international cooperation, constitutes an indispensable strategic pillar for consolidating anticipatory, resilient, and socially responsible healthcare systems in the face of future sanitary threats.

**KEY WORDS:** data analytics, public health, COVID-19, SARS-CoV-2, pandemic

\*Laboratorio de Biofísica Molecular de la Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México



## INTRODUCCIÓN

La pandemia por COVID-19<sup>1</sup>—causada por el virus SARS-CoV-2 — ha sido una de las emergencias de salud de mayor impacto en lo que va del siglo XXI, provocando una gran tensión en los sistemas de salud, las estructuras económicas, las formas de comunicación pública y los mecanismos de toma de decisiones gubernamentales. En este contexto, la producción acelerada de conocimiento y la cooperación científica internacional se consolidaron como elementos clave para enfrentar la crisis sanitaria y orientar respuestas a nivel institucional y gubernamental.

Ante el gran desafío de la rápida propagación del virus, la alta prevalencia global y el constante surgimiento de variantes, se potenció la implementación de herramientas computacionales de última generación y análisis bioinformático en tiempo real (Brohi et al., 2020; Hufsky et al., 2021). Este enfoque se centró en tres aspectos fundamentales: la disponibilidad y validación de datos; el desarrollo de modelos analíticos capaces de identificar patrones complejos; y la comunicación de resultados en formatos útiles tanto para la comunidad científica como para los sectores público, privado y la sociedad en general.

Lo anterior permitió generar modelos de transmisión del virus y optimizar los sistemas de vigilancia epidemiológicos globales. Así mismo, posibilitó identificar y analizar características dinámicas y estructurales del virus que fueron clave para el diseño de vacunas y tratamientos.

Todo el conocimiento generado durante este periodo fungió como el pilar para el diseño de las estrategias de contención sanitaria, de modo que, la pandemia por COVID-19 es un claro ejemplo del potencial que ofrece la incorporación de la ciencia de datos en la investigación biomédica. Desde esta perspectiva surge la pregunta: ¿cómo la analítica de datos aplicada generó conocimiento útil para mejorar la capacidad de responder a emergencias sanitarias?

El presente estudio tiene como objetivo describir el papel de las herramientas computacionales avanzadas y la analítica de datos aplicadas al estudio estructural y dinámico de biomoléculas virales en la generación de conocimiento científico con relevancia social que fortalezca la capacidad de gestión de emergencias sanitarias presentes y futuras. En este sentido, el trabajo propone un enfoque multidisciplinario que vincula la biofísica molecular, ciencia de datos y salud pública como eje central para el desarrollo de estrategias de prevención y respuesta institucional, utilizando como caso de estudio representativo el virus SARS-CoV-2.

### La ciencia de datos en el contexto de la pandemia

La emergencia sanitaria ocasionada por COVID-19 actuó como un catalizador tecnológico sin precedentes, que culminó en el aceleramiento de la transformación digital en todas las dimensiones de la vida social. Por ejemplo, en el sector educativo global hubo una rápida y obligada transición hacia entornos virtuales de aprendizaje (e-learning), donde la enseñanza se trasladó de modelos presenciales a situaciones fuertemente mediadas por la tecnología e internet (Mendoza Zárate, 2023). En ámbito empresarial, se produjo un cambio drástico hacia la oficina virtual y flujos de trabajo digitales, lo que brindó ventajas como la flexibilidad, acceso a talento global y, en algunos casos, reducción de costos de espacio físico y desplazamientos. Asimismo, se observó un cambio en el sector comercial con el auge del comercio electrónico y la consolidación de la nueva economía digital (Amankwah-Amoah et al., 2021).

<sup>1</sup> COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2, que provoca principalmente síntomas respiratorios como fiebre, tos y dificultad para respirar. Puede variar de leve a grave, causando neumonía o insuficiencia orgánica, especialmente en adultos mayores y personas con condiciones preexistentes (Organización Mundial de la Salud, 2025c)

---

Este fenómeno se extendió a la salud mediante infraestructuras para la atención remota, la innovación en diagnósticos y administración hospitalaria, así como el fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica (Jazieh & Kozlakidis, 2020).

Antes del inicio de la crisis sanitaria, los individuos y organizaciones de todo el mundo atravesaban un proceso continuo de adaptación a nuevas formas de realizar distintas tareas y procesos, efecto del establecimiento de la industria 4.0 — que introdujo el internet de las cosas (IoT), la automatización, la aplicación de modelos basados en inteligencia artificial (IA) y la robótica para aumentar la productividad y la eficiencia — y su evolución hacia la industria X.0, cuyo enfoque amplía la adopción de nuevas tecnologías hacia la incorporación de la sostenibilidad e innovación para crear ecosistemas totalmente integrados (Onu et al., 2023). Hoy en día la transformación digital es vital para el público general, organizaciones de todo tipo y especialmente para empresas, dado que todas las tendencias señalan que el impacto de las nuevas tecnologías seguirá aumentando en un futuro próximo, por lo que aquellos que no se adapten corren el riesgo de desaparecer (Hai et al., 2021).

Con el establecimiento de medidas de confinamiento y distanciamiento social para evitar la propagación de contagios por COVID-19, sobrevino la paralización de las infraestructuras físicas de sectores fundamentales como el educativo, empresarial y gobierno. Como respuesta, inició una fase de desarrollo tecnológico forzado enfocado a reconfigurar modelos educativos, las dinámicas laborales, las estructuras de comunicación, entre otros. Por ejemplo, en el caso específico de la educación hubo un cambio disruptivo que se estima afectó al 90% de la población estudiantil mundial. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) la pandemia afectó a más de 1,200 millones de estudiantes a nivel mundial —de los cuales 160 millones pertenecían a América Latina y el Caribe— al obligar a las instituciones de educación a pasar de modelos presenciales a entornos virtuales y programas híbridos que procuraran garantizar la continuidad del aprendizaje en un proceso abrupto que ha sido etiquetado como “digitalización educativa de emergencia”. Como consecuencia, se exacerbó la brecha digital preexistente relacionadas con la falta de infraestructura, conectividad desigual y una carencia de competencias digitales tanto en docentes como en estudiantes (Barreto et al., 2023; CEPAL-UNESCO, 2020; Nieto-Taborda & Luppisini, 2024).

Según datos oficiales publicados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en promedio los países de la región interrumpieron las clases presenciales total o parcialmente por 70 semanas lectivas en el período de febrero 2020 a marzo 2022; esto equivale a más de un año y medio académico, alcanzando incluso los dos años en algunos casos. Periodo que resulta excepcionalmente extendido si se compara con el promedio global de 41 semanas, lo que posiciona a la región en una situación de alta vulnerabilidad educativa. A lo anterior se suma que en las áreas urbanas de la región el acceso a internet en el hogar alcanzaba el 42% mientras que en las zonas rurales apenas llegaba al 14%, como respuesta países como México implementaron estrategias masivas como 'Aprende en Casa' para intentar dar continuidad pedagógica mediante la transmisión de contenidos educativos a través de la televisión abierta (CEPAL, 2022). Esta disparidad no solo fue de conectividad, sino de equipamiento, se estima que en 2018 solo el 61% de los estudiantes de 15 años en la región tenía acceso a una computadora en casa, y apenas un tercio contaba con software educativo, frente a más de la mitad en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

---

Asimismo, el impacto fue diferenciado por género y nivel socioeconómico, por ejemplo, en países como México o Panamá, las brechas de acceso a dispositivos entre el cuartil más alto y el más bajo superaron los 60 puntos porcentuales (CEPAL, 2022; CEPAL-UNESCO, 2020).

Esta transformación digital educativa (TDE) no se limitó al cambio de modelo, también implicó una demanda de competencias de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) —pedagógicas, investigativas y de gestión— por parte de los estudiantes, docentes y las instituciones, mismas que fueron clave para transitar el periodo de crisis. Muchas instituciones educativas, especialmente en sectores públicos y rurales, carecían de los medios técnicos para ofrecer una educación a distancia efectiva, y aún en los casos donde existía acceso a plataformas digitales, se evidenció que una proporción considerable de estudiantes y docentes no poseía las habilidades digitales necesarias para navegar estos entornos (CEPAL, 2022). La evidencia muestra que, aunque una parte de los docentes pudo clasificar y compartir información, menos de la mitad alcanzó niveles innovadores en la edición y creación de contenidos digitales (Mendoza Zárate, 2023). En el contexto de este artículo, esta deficiencia en el manejo de datos y herramientas muestra la importancia de la integración de la ciencia de datos en la sociedad y la necesidad una alfabetización digital estructural.

Paralelamente, en el ámbito de la gestión de la crisis sanitaria se exacerbó las limitaciones de los métodos tradicionales frente a la rápida propagación del virus y la saturación de los sistemas de salud, promoviendo que los gobiernos buscaran sustentar la toma de decisiones en evidencia científica. De modo que la urgencia de la crisis ejerció gran presión sobre la comunidad científica global que respondió de manera inmediata y masiva logrando hitos de producción que en tiempos normales habrían tomado años. No obstante, esta aceleración generó tensiones críticas, particularmente en el equilibrio entre la necesidad de respuestas rápidas y el rigor metodológico, por ejemplo, se estima a que solo 10 meses del primer caso confirmado de COVID-19 ya se habían publicado más de 125,000 artículos científicos, sin embargo, casi el 25% eran preprints (manuscritos no revisados) que continuaron en auge a lo largo de la pandemia (Fraser et al., 2021). Aunque esto permitió una difusión sin precedentes de información útil, también fomentó la “infodemia científica” —un fenómeno caracterizado por una saturación de información donde coexistieron datos rigurosos con evidencia de baja calidad o no verificada— dificultando los procesos de curaduría científica y la consolidación de evidencia robusta (Balkányi et al., 2021). Esta problemática se agravó al potenciar el foco público en artículos que no debían considerarse concluyentes ni ser difundidos en los medios de comunicación como información establecida, o bien, al amplificar hallazgos preliminares con el fin de afectar o escandalizar la percepción pública (L. D. Sharma et al., 2022).

Simultáneamente, esta misma presión derivada de la crisis propició un efecto transformador en la estructura de investigación. Según un análisis bibliométrico —de más de 40,000 publicaciones científicas— realizado por Kim y Cho (2021) durante la pandemia se observó un fenómeno de expansión del conocimiento, donde la colaboración internacional permitió a diversos países incursionar en áreas tecnológicas y científicas mediante la formación de nuevas redes globales de colaboración.

Así mismo se fomentó la incursión en investigación multidisciplinaria para generar conocimiento de frontera en el que convergiera la medicina, biología, informática y ciencias sociales. Al respecto, Huang (2025) señala que la pandemia funcionó como un motor de transformación científica, desplazando la investigación desde la colaboración

---

entre disciplinas afines hacia sinergias de alta complejidad entre campos distantes. Sin embargo, para que esta convergencia fuera efectiva, resultó imperativo trascender el enfoque puramente biomédico. En este sentido, (Morgan & Rose, 2020) han hecho énfasis en que la apertura del conocimiento multidisciplinario también debe considerar la comprensión de los fenómenos sociales.

Además de la intensificación de la colaboración científica, uno de los efectos más importantes fue la superación de barreras en el conocimiento y el cambio de paradigma hacia la ciencia abierta y la transparencia informativa (Hameed et al., 2022; Kim & Cho, 2021). Con el objetivo de unir esfuerzos ante la crisis, hubo una excepcional apertura del conocimiento caracterizada por el intercambio acelerado de datos, el desarrollo colaborativo de herramientas analíticas y la generación colectiva de evidencia científica.

Lo anterior se manifestó, por ejemplo, en la eliminación de muros de pago (paywalls) por parte de una gran cantidad de editoriales y revistas científicas lo que permitió la diseminación inmediata de hallazgos críticos que, a su vez, optimizaron los tiempos de respuesta de la comunidad internacional frente al SARS-CoV-2 (Hameed et al., 2022). Esta apertura también se reflejó en el intercambio de diseños de código abierto, la creación de consorcios y plataformas colaborativas globales para facilitar el flujo dinámico encaminado a la fabricación de insumos críticos, el intercambio de datos genéticos y clínicos, la estandarización de protocolos diagnósticos y terapéuticos a escala mundial.

En este escenario, la integración de la analítica de datos no fue solo una innovación tecnológica en los sectores, sino un mecanismo fundamental para comprender la dinámica de la crisis y orientar respuestas oportunas a múltiples escalas. Ante el impulso de la ciencia abierta, la intensificación de la colaboración científica, la presión ejercida por los gobiernos y organismos de toma de decisiones, así como el gran volumen de datos biológicos, clínicos, epidemiológicos y sociales, la ciencia de datos demostró su gran valor estratégico. Esta disciplina permitió transformar datos en ventajas de dirección y optimización al, por ejemplo, anticipar la trayectoria de los brotes y diseñar intervenciones óptimas y en tiempo real (Bertsimas et al., 2021).

Derivado de lo anterior, resulta fundamental distinguir los distintos niveles de la analítica de datos (Roy et al., 2022). Por un lado, analítica descriptiva permitió caracterizar la evolución temporal y espacial de la pandemia mediante el procesamiento de datos epidemiológicos, ofreciendo una base empírica para la comprensión inicial del fenómeno. Mientras que, analítica predictiva desempeñó un papel crucial al anticipar escenarios futuros a partir de datos históricos y en tiempo real generando modelos de escenarios de transmisión, tendencias de contagio y saturación de la infraestructura hospitalaria.

No obstante, el avance más significativo se produjo con la incorporación de analítica prescriptiva. Este enfoque fue un paso más allá, transformando estas proyecciones en rutas de acción concretas mediante la evaluación de múltiples variables complejas que proporcionaron recomendaciones optimizadas, por ejemplo, la asignación logística de recursos, el diseño preciso de los esquemas de confinamiento y reapertura económica. Esta transición desde la descripción hacia la predicción y, finalmente, hacia la prescripción consolidó a la ciencia de datos como un componente estratégico de la gobernanza sanitaria.

---

## Dinámica de transmisión y vigilancia epidemiológica en la era de la analítica avanzada

La generación y disponibilidad masiva de información abrieron la puerta al desarrollo de modelos para comprender y anticipar la dinámica de propagación del SARS-CoV-2. Las metodologías tradicionales en epidemiología se basan en enfoques matemáticos que buscan simplificar la complejidad poblacional al dividirla en "compartimentos" o grupos, según su estado respecto al patógeno —susceptibles, expuestos, infectados y recuperados—. Aunque estos modelos históricamente han proporcionan información valiosa sobre la evolución temporal de las epidemias, tienen algunas limitantes, por ejemplo, asumir homogeneidad espacial, es decir, que todos los individuos tienen la misma probabilidad de interactuar sin considerar factores geográficos críticos (Kiseleva et al., 2025). La incorporación de la ciencia de datos en el contexto de la pandemia, permitió integrar a las herramientas clásicas de propagación nuevas variables y flujos de información en tiempo real, tales como densidad urbana, patrones de movilidad (Kiseleva et al., 2025), rastreo de contactos (Agbehadji et al., 2020), factores climatológicos (McClymont & Hu, 2021), infraestructura hospitalaria, vacunas y medicinas disponibles (Al Qundus et al., 2023), lo que permitió modelar la dinámica de transmisión del virus desde una perspectiva más integral y contextualizada.

Esta integración permitió que la modelización epidemiológica se incorporara progresivamente en los marcos de gobernanza sanitaria, facilitando las simulaciones dinámicas bajo distintos supuestos, tales como políticas de confinamiento (Debashree Ray et al., 2020; Hasan et al., 2023) o estrategias de reapertura económica encaminadas mitigar riesgos operativos y mejorar la resiliencia organizacional en entornos de alta incertidumbre (Sheng et al., 2021).

El incremento en la infraestructura de datos global a partir de la crisis sanitaria ha sido notable, nunca antes una tecnología analítica había sido tan significativa de forma simultánea para investigadores, profesionales de la salud, académicos, responsables de políticas y ciudadanos por igual (Mathaisel, 2023). Antes de la pandemia la adopción de estrategias digitales era heterogénea y fragmentada, pero para mayo de 2025 la Asamblea Mundial de la Salud confirmó que 129 países ya han establecido estrategias nacionales de salud digital que incluyen más de 1,600 funcionarios gubernamentales de 100 países formados en temas de salud digital e inteligencia artificial (Organización Mundial de la Salud, 2025a). Así mismo, en 2020 el intercambio de secuencias genómicas en plataformas como GISAID —organización científica de ámbito mundial que sirve como fuente principal de datos genómicos de acceso abierto relacionados con los virus de la gripe— era limitado; sin embargo, para marzo de 2026 la plataforma superó los 22.1 millones de genomas de los cuales más de 16.8 millones son genomas de SARS-CoV-2 compartidos por 219 países desde el 10 de enero de 2020, lo que muestra un aumento de escala sin precedentes y ha convertido a este virus en el más secuenciado de la historia (GISAID, 2026; Rito et al., 2023).

Lo anterior ilustra cómo la ciencia de datos trascendió la función descriptiva y predictiva para consolidarse como una herramienta de soporte estratégico en la toma de decisiones. La disponibilidad de datos precisos y actualizados en tiempo real permitió que los modelos evolucionaran hacia esquemas prescriptivos capaces no solo de anticipar tendencias epidemiológicas, sino de evaluar escenarios bajo múltiples condiciones —logísticas, económicas y sociales— y sugerir alternativas óptimas de intervención, como: priorización de tratamientos médicos (Fang et al., 2020), la redistribución dinámica de recursos críticos y personal (Konchak et al., 2021), la reactivación estratégica de servicios médicos y la optimización de operaciones hospitalarias (Konchak et al., 2021; Sariyer et al., 2023), por mencionar algunas.

---

En paralelo al modelado de contagios, la analítica de datos también ha revolucionado los sistemas de vigilancia epidemiológica a escala global. Antes del COVID-19, muchos reportes de salud dependían de informes de situación periódicos y estáticos, sin embargo, la emergencia sanitaria propició el desarrollo de plataformas que implementaron herramientas tecnológicas de última generación para extraer y procesar datos masivos de forma ininterrumpida. Esto permitió el surgimiento de sistemas interactivos y tableros de control que centralizan la información proveniente de miles de fuentes —gubernamentales, hospitalarias y de laboratorio— para facilitar la consulta en tiempo real y el acceso público a los datos.

Uno de los referentes más importantes fue el de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que además de incluir información oficial sobre casos confirmados, muertes, ingreso a cuidados intensivos y hospitalizaciones, introdujo el progreso de los esquemas de vacunación y habilitó la opción de datos descargables que permiten a cualquier ciudadano o investigador verificar la información de manera transparente (Organización Mundial de la Salud, 2023). Asimismo, iniciativas como Our World in Data, asociada a la Universidad de Oxford (Mathieu et al., 2020), integraron indicadores comparativos sobre pruebas diagnósticas, tasas de vacunación, políticas públicas y exceso de mortalidad, permitiendo análisis estandarizados entre países.

De manera complementaria, el tablero desarrollado por la Universidad Johns Hopkins (JHU) (2020) se convirtió en un referente académico para el monitoreo diario de casos y muertes a nivel mundial, destacando por su actualización sistemática y visualización geoespacial. Mathaisel (2023) señala que probablemente COVID-19 sea el primer caso global donde las visualizaciones de datos masivos se convirtieron en el lenguaje común para la toma de decisiones críticas. Históricamente, los brotes de enfermedades infecciosas se caracterizaron por la carencia de datos de alta calidad en sus etapas iniciales; sin embargo, el caso del tablero de la JHU marcó un punto de inflexión, mientras que el prototipo inicial se compartió el 22 de enero de 2020 con apenas 548 casos reportados, la demanda de información veraz fue inmediata pues en solo una semana el sitio recibió un millón de consultas diarias, cifra que escaló a mil millones por día apenas seis semanas después. Para septiembre de 2022, este sistema había procesado más de 226,000 millones de solicitudes de información que trascendieron el ámbito académico —donde acumuló más de 8,500 citas en dos años— para guiar operaciones de alto nivel. Instituciones como el Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) de EE. UU. utilizaron estos datos para definir políticas públicas, mientras que el sector privado, incluyendo empresas como Johnson & Johnson y Ford, dependió de esta analítica para determinar la ubicación de ensayos clínicos y la continuidad operativa de fábricas (Gardner, 2022).

A medida que la pandemia progresó, también se incluyeron secciones avanzadas en los tableros dinámicos especializadas en el monitoreo en tiempo real de las variantes de SARS-CoV-2. El flujo constante de secuencias genéticas hacia bases de datos globales, como GISAID, hizo posible rastrear la evolución espacial y temporal del patógeno, alertando de manera temprana sobre el surgimiento de Variantes de Preocupación —que presentan una mayor transmisibilidad en comparación con el virus original y tienen el potencial de aumentar la gravedad de la enfermedad (Choi & Smith, 2021)— y el comportamiento de tendencias geográficas y demográficas, permitiendo a las autoridades locales ajustar sus niveles de alerta sanitaria con base en evidencia cuantificable y estandarizada.

---

La vigilancia integrada marcó el inicio de una nueva fase en la manera en que el mundo colabora, innova y responde a las amenazas sanitarias. La infraestructura digital, los protocolos de intercambio de datos y los flujos bioinformáticos desarrollados durante la pandemia sentaron las bases para extender este tipo de seguimiento a otros patógenos de relevancia global al demostrar que la detección temprana fundamental para evitar que eventos el escalamiento a crisis globales. Recientemente la OMS anunció el lanzamiento de la versión 2.0 del sistema Epidemic Intelligence from Open Sources (EIOS) encaminado a fortalecer la arquitectura de inteligencia epidemiológica mediante herramientas avanzadas de análisis automatizado. Esta nueva plataforma permitirá procesar volúmenes masivos de información proveniente de fuentes abiertas en tiempo real, incluyendo la transcripción y traducción automática de canales de radio, medios sociales y páginas web lo que amplía la capacidad de detección. También incorpora algoritmos de IA para el análisis de señales y tendencias, capaz de identificar amenazas emergentes — vinculadas a patógenos, cambio climático o conflictos— antes de que se conviertan en emergencias internacionales (Organización Mundial de la Salud, 2025b).

### **Analítica de datos en la investigación biomédica contemporánea**

Así como la analítica de datos reconfiguró la gobernanza sanitaria a nivel poblacional, simultáneamente impactó en los procesos de investigación biomédica. Un aspecto fundamental en los esfuerzos por contener la pandemia por COVID-19 y generar una respuesta sanitaria efectiva, fue la caracterización detallada del SARS-CoV-2 para comprender sus mecanismos de acción y la progresión de la enfermedad. Dado que la capacidad de infección del virus depende intrínsecamente de sus características dinámicas y estructurales fue fundamental la integración de enfoques bioinformáticos encaminados a analizar estructural y funcionalmente las biomoléculas virales en tiempo récord. Esto dio como resultado la identificación de regiones clave de SARS-CoV-2, como la proteína Spike — responsable de la unión con las células humanas y el inicio del proceso de infección— que fue la principal base para el diseño de vacunas y agentes terapéuticos.

El desarrollo de las vacunas contra SARS-CoV-2 representa un punto de inflexión en la biomedicina, que solo fue posible gracias a la combinación de avances tecnológicos y científicos. Por un lado, los avances biotecnológicos alcanzados en las últimas décadas permitieron secuenciar el genoma completo del virus semanas después de la identificación de los primeros casos, a diferencia de epidemias anteriores donde se necesitaron meses (incluso años) para ese objetivo particular (Defendi et al., 2022). A partir de entonces comenzó una intensa carrera científica orientada al diseño, evaluación y optimización de candidatos vacunales, caracterizada por una notable diversidad de tecnologías, incluyendo las más tradicionales y también enfoques tan innovadores —como las plataformas de ARNm y ADN recombinante— que impulsaron una nueva era en el desarrollo de vacunas (Thanh Le et al., 2020).

Por otro lado, la disponibilidad de la secuencia también posibilitó la aplicación de herramientas computacionales basadas en inteligencia artificial (IA) capaces de analizar todos los datos preexistentes de biomoléculas — almacenados en bases de datos especializadas que contienen información estructural, genómica, bioquímica y biofísica—, para hacer una comparación con la secuencia del SARS-CoV-2. Esta metodología tiene como finalidad identificar similitudes entre los componentes de SARS-CoV-2 y otras moléculas que ya han sido previamente caracterizadas, lo que permite inferir posibles funciones biológicas y brinda una guía a los investigadores para

enfocarse desde el inicio en las moléculas con mayor potencial vacunal y terapéutico. Además, los algoritmos de IA pueden analizar extensos conjuntos de datos de moléculas virales para identificar aquellas con mayor probabilidad de inducir una respuesta inmune eficaz, y a su vez, el modelado computacional permite diseñar y optimizar candidatos vacunales con base en perfiles predictivos de eficacia y seguridad antes de su validación experimental (Ghosh et al., 2023).

Actualmente, también existen plataformas de analítica predictiva especializadas en datos biomoleculares capaces de evaluar de manera sistemática múltiples blancos terapéuticos y fármacos, acelerando la identificación de los candidatos para combatir el virus que tienen la mayor probabilidad de éxito, antes de avanzar a fases experimentales. Esta capacidad de análisis masivo y automatizado reduce tiempos, optimiza recursos y ha revolucionado el desarrollo de medicamentos y tratamientos, en un proceso cada vez más guiado por datos (Ghosh et al., 2023; Thanh Le et al., 2020).

A lo anterior, se sumó un acortamiento en los tiempos tradicionales de las fases clínicas y mecanismos regulatorios, en parte impulsados por la emergencia sanitaria pero también por la evaluación continua de datos. Debido a las altas expectativas y la presión pública disminuir los tiempos de validación, las agencias reguladoras y los organismos internacionales que cumplen un rol esencial al vigilar y administrar los procesos de aprobación de vacunas y tratamientos se vieron en la necesidad de equilibrar la urgencia y el rigor de las evaluaciones para garantizar la seguridad y eficacia (Defendi et al., 2022).

Un claro ejemplo de esto es el análisis de Sharma et al. (2022) quienes documentan cómo el aprendizaje automático y las estrategias impulsadas por datos redujeron el tiempo de desarrollo de las vacunas contra el SARS-CoV-2 de un promedio histórico de 5-15 años a tan solo 1-2 años. Además, la industria farmacéutica aprovechó el análisis masivo de datos para optimizar los ensayos clínicos, gestionar el monitoreo logístico y evaluar la eficacia de las vacunas en tiempo récord. Sharma y colaboradores (2022) señalan que, si bien la complejidad biológica humana impide que la IA reemplace por completo las pruebas clínicas tradicionales, su capacidad para procesar y estructurar volúmenes masivos de datos es lo que ha transformado para siempre la capacidad global de respuesta epidemiológica ante pandemias.

La analítica de datos también adquirió un papel central frente a uno de los mayores desafíos de la pandemia, la rápida evolución del SARS-CoV-2. A lo largo de la pandemia, el virus fue mejorando su capacidad de transmisión mediante cambios en su secuencia —conocidos como mutaciones—, mismos que comprometieron la eficacia de las vacunas y tratamientos recién desarrollados. El surgimiento de variantes —es decir, versiones del virus que incorporan mutaciones acumuladas en su material genético— suponen el reto de anticipar los posibles cambios y evaluar sus implicaciones para la salud pública. En este contexto, la IA se utilizó para identificar tendencias evolutivas y estimar escenarios probables. Esta capacidad anticipatoria fortaleció no solo la comprensión científica del fenómeno, sino también la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la actualización de los agentes vacunales y la vigilancia epidemiológica (Arora et al., 2021).

### **Implicaciones para la salud pública y perspectivas futuras**

La convergencia entre modelado epidemiológico y biomolecular descrita en las secciones anteriores demuestra como la analítica de datos tiene un impacto significativo y un futuro prometedor para la toma de decisiones, y es hoy

en día un pilar fundamental para los sistemas de salud pública a escala global, que ha trascendido más allá del fortalecimiento de la capacidad de respuesta ante emergencias sanitarias. Al impulsar la transferencia de conocimiento científico hacia la política pública inicio la consolidación de la ciencia de datos aplicada — por ejemplo, la integración de modelos que conectan información molecular, clínica y poblacional— que permitirá diseñar estrategias más precisas y adaptativas. El uso creciente de inteligencia artificial para anticipar la evolución viral, optimizar intervenciones sanitarias estratégicas sugiere una transición hacia sistemas de salud más resilientes y orientados a la prevención (Nuha et al., 2025).

La pandemia impulsó los modelos de toma de decisiones oportunas con un robusto sustento en analítica predictiva y prescriptiva, transitando de “reaccionar” a “anticipar”. Así mismo, impulsó el desarrollo de sistemas basados en IA capaces de integrar, procesar e interpretar grandes volúmenes de información en tiempo real con aplicaciones que pueden extenderse a múltiples áreas como atención médica, reducción de costos, monitoreo de pacientes, soporte de decisiones clínicas, gestión de procedimientos, entre otros (Alsunaidi et al., 2021; Tenali & Babu, 2023). De modo que, estas herramientas pueden facilitar la eficaz gestión de recursos proporcionando datos en tiempo real sobre el estado de salud de los pacientes y definir una línea de acción rápidamente basada en la información más reciente disponible.

Sin embargo, esta transformación también reveló desafíos asociados a la creciente dependencia en las infraestructuras digitales, por ejemplo, la desigualdad que existe entre los países en las capacidades computacionales e incluso en la formación de recursos especializados. Asimismo, la expansión de sistemas automatizados de análisis plantea interrogantes éticas vinculadas con la privacidad de datos y la transparencia algorítmica. Por lo que, la construcción de marcos regulatorios que equilibren innovación tecnológica con responsabilidad social continuará siendo un tema central.

A mediano plazo, la experiencia derivada de la pandemia sugiere que la preparación ante futuras emergencias sanitarias debe integrar la analítica avanzada como parte estructural de los sistemas de salud. Lograr una infraestructura nacional de tecnología de la información sanitaria se ha convertido en un paso fundamental para gestionar eficazmente todos los aspectos que engloban la salud pública, desde el monitoreo en tiempo real de los pacientes y la mejora de tratamientos clínico hasta la optimización de la asignación de recursos médicos y hospitalarios. Esto implica el fortalecimiento continuo de redes internacionales de intercambio de datos, la promoción de normas y estándares de operabilidad, la inversión en infraestructura digital y la consolidación de esquemas de colaboración multidisciplinaria. Las perspectivas futuras dependerán de la capacidad de integrar avances tecnológicos con principios de equidad, transparencia y cooperación global, asegurando que el potencial transformador de la analítica de datos se traduzca en beneficios sostenibles para la sociedad.

## Conclusiones

Debido a los avances en las tecnologías de la información, es innegable que el análisis de datos se ha consolidado como una herramienta esencial en todos los sectores de la sociedad. Sin embargo, la pandemia por COVID-19 trajo consigo una necesidad y una demanda sin precedentes de intercambio de información y análisis colaborativo, lo que hizo evidente que la analítica de datos aplicada debe ser un componente estructural en la generación de conocimiento científico con impacto directo en la gestión de emergencias sanitarias.

---

---

A partir del análisis desarrollado en este trabajo, puede afirmarse que la integración de herramientas computacionales avanzadas permitió transformar datos biológicos, clínicos y epidemiológicos en información estratégicamente útil para anticipar escenarios, guiar decisiones, y optimizar recursos.

En respuesta a la pregunta planteada —¿cómo la analítica de datos aplicada generó conocimiento útil para mejorar la capacidad de responder a emergencias sanitarias?—, el análisis muestra que la contribución operó en múltiples niveles interconectados. A nivel poblacional, facilitó la transición desde los modelos descriptivos hacia predictivos y prescriptivos que sirvieron como base para dirigir decisiones institucionales e incluso gubernamentales. En el ámbito de la vigilancia epidemiológica, permitió comprender, predecir y gestionar de mejor manera la propagación del virus de la COVID-19 a nivel local, regional y nacional, incluyendo sistemas de monitoreo de la evolución viral en tiempo real, así como el posible impacto en la salud individual y de la población.

A escala biomolecular, aceleró la caracterización estructural del SARS-CoV-2, optimizó el diseño de vacunas y tratamientos, y redujo de manera significativa los tiempos tradicionales de desarrollo farmacéutico mediante el uso de inteligencia artificial y modelado computacional. Este trabajo propone una visión integradora que articula la biomedicina, el análisis de datos y salud pública dentro de una misma perspectiva multidisciplinaria para demostrar que el conocimiento científico generado con este enfoque puede tener beneficios directos en la formulación de políticas públicas, consolidando un modelo de gestión sustentado en datos.

No obstante, la potencial aplicación de la analítica avanzada también depende de condiciones estructurales que garanticen su sostenibilidad. Las brechas digitales, las desigualdades en infraestructura tecnológica y los desafíos éticos asociados al uso masivo de datos representan retos que deben abordarse mediante marcos regulatorios, inversión en capacidades computacionales y formación de capital humano especializado. De modo que, aún quedan diversas barreras y deficiencias socioculturales, políticas, legales y técnicas. En este sentido, es fundamental el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica nacional, como lo demuestra el proyecto de la supercomputadora “Coatlícue” que se espera esta lista para 2026. Tiene como objetivo dotar al país de una capacidad de procesamiento masivo sin precedentes en la región para la investigación científica, la resolución de problemas reales — predicciones climatológicas, modelación de agua, planeación energética, aplicaciones en salud, movilidad, entre otros— y el establecimiento de un modelo de gestión pública de datos estratégicos (Vela, 2025). Complementariamente, la creación de alianzas internacionales, ejemplificadas en el Centro Mexicano de Supercómputo en Barcelona que subraya la importancia de la colaboración multidisciplinaria y transfronteriza para superar las brechas digitales y técnicas actuales. Estos esfuerzos en infraestructura y capital humano son pasos críticos para mitigar las desigualdades tecnológicas y asegurar que la ciencia de datos sea un componente permanente y resiliente en la toma de decisiones (Becerra, 2026).

La experiencia derivada de la emergencia de salud causada por el SARS-CoV-2 confirma que la ciencia de datos aplicada constituye un eje estratégico para la preparación ante crisis sanitarias presentes y futuras, cuya capacidad de respuesta dependerá de fortalecer la apertura del conocimiento, la colaboración multidisciplinaria y la infraestructura. La integración permanente de este enfoque, acompañada de principios de equidad, transparencia y cooperación internacional, será determinante para consolidar sistemas de salud anticipatorios, robustos y resilientes en el siglo XXI.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agbehadji, I. E., Awuzie, B. O., Ngowi, A. B., & Millham, R. C. (2020). Review of Big Data Analytics, Artificial Intelligence and Nature-Inspired Computing Models towards Accurate Detection of COVID-19 Pandemic Cases and Contact Tracing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5330. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155330>
- Al Qundus, J., Gupta, S., Abusaimh, H., Peikert, S., & Paschke, A. (2023). Prescriptive Analytics-Based SIRM Model for Predicting Covid-19 Outbreak. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 24(2), 235–246. <https://doi.org/10.1007/s40171-023-00337-0>
- Alsunaidi, S. J., Almuhaideb, A. M., Ibrahim, N. M., Shaikh, F. S., Alqudaihi, K. S., Alhaidari, F. A., Khan, I. U., Aslam, N., & Alshahrani, M. S. (2021). Applications of Big Data Analytics to Control COVID-19 Pandemic. *Sensors*, 21(7), 2282. <https://doi.org/10.3390/s21072282>
- Amankwah-Amoah, J., Khan, Z., Wood, G., & Knight, G. (2021). COVID-19 and digitalization: The great acceleration. *Journal of Business Research*, 136, 602–611. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.08.011>
- Arora, G., Joshi, J., Mandal, R. S., Shrivastava, N., Virmani, R., & Sethi, T. (2021). Artificial Intelligence in Surveillance, Diagnosis, Drug Discovery and Vaccine Development against COVID-19. *Pathogens*, 10(8), 1048. <https://doi.org/10.3390/pathogens10081048>
- Balkányi, L., Lukács, L., & Cornet, R. (2021). Investigating the Scientific ‘Infodemic’ Phenomenon Related to the COVID-19 Pandemic. *Yearbook of Medical Informatics*, 30(01), 245–256. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1726483>
- Barreto, I. B., Sanchez, R. M. S., Sanchez, W. S., Jordan, O. H., & Escalante, J. D. B. (2023). The Process of Digital Transformation in Education During the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Professional Business Review*, 8(9), e03770. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i9.3770>
- Becerra, J. (2026, March 25). Nació el Centro Mexicano de Supercómputo en Barcelona: ATDT. La Jornada.
- Bertsimas, D., Boussiou, L., Cory-Wright, R., Delarue, A., Digalakis, V., Jacquillat, A., Kitane, D. L., Lukin, G., Li, M., Mingardi, L., Nohadani, O., Orfanoudaki, A., Papalexopoulos, T., Paskov, I., Pauphilet, J., Lami, O. S., Stellato, B., Bouardi, H. T., Carballo, K. V., ... Zeng, C. (2021). From predictions to prescriptions: A data-driven response to COVID-19. *Health Care Management Science*, 24(2), 253–272. <https://doi.org/10.1007/s10729-020-09542-0>
- Brohi, S. N., Jhanjhi, N., Brohi, N. N., & Brohi, M. N. (2020). Key Applications of State-of-the-Art Technologies to Mitigate and Eliminate COVID-19.pdf. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.12115596.v1>
- CEPAL. (2022). Educación en tiempos de pandemia: una oportunidad para transformar los sistemas educativos en América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48204-educacion-tiempos-pandemia-oportunidad-transformar-sistemas-educativos-america>

- CEPAL-UNESCO. (2020). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45904-la-educacion-tiempos-la-pandemia-covid-19>
- Choi, J. Y., & Smith, D. M. (2021). SARS-CoV-2 Variants of Concern. *Yonsei Medical Journal*, 62(11), 961. <https://doi.org/10.3349/ymj.2021.62.11.961>
- Debashree Ray, Maxwell Salvatore, Rupam Bhattacharyya, Lili Wang, Jiacong Du, Shariq Mohammed, Soumik Purkayastha, Aritra Halder, Alexander Rix, Daniel Barker, Michael Kleinsasser, Yiwang Zhou, Debraj Bose, Peter Song, Mousumi Banerjee, Veerabhadran Baladandayuthapani, Parikshit Ghosh, & Bhramar Mukherjee. (2020). Predictions, Role of Interventions and Effects of a Historic National Lockdown in India's Response to the the COVID-19 Pandemic: Data Science Call to Arms. *Harvard Data Science Review*. <https://doi.org/10.1162/99608f92.60e08ed5>
- Defendi, H. G. T., da Silva Madeira, L., & Borschiver, S. (2022). Analysis of the COVID-19 Vaccine Development Process: an Exploratory Study of Accelerating Factors and Innovative Environments. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 17(2), 555–571. <https://doi.org/10.1007/s12247-021-09535-8>
- Fang, Y., Nie, Y., & Penny, M. (2020). Transmission dynamics of the COVID-19 outbreak and effectiveness of government interventions: A data-driven analysis. *Journal of Medical Virology*, 92(6), 645–659. <https://doi.org/10.1002/jmv.25750>
- Fraser, N., Brierley, L., Dey, G., Polka, J. K., Pálffy, M., Nanni, F., & Coates, J. A. (2021). The evolving role of preprints in the dissemination of COVID-19 research and their impact on the science communication landscape. *PLOS Biology*, 19(4), e3000959. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000959>
- Gardner, L. (2022). The COVID-19 Dashboard for Real-time Tracking of the Pandemic. *JAMA*, 328(13), 1295. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.15590>
- Ghosh, A., Larrondo-Petrie, M. M., & Pavlovic, M. (2023). Revolutionizing Vaccine Development for COVID-19: A Review of AI-Based Approaches. *Information*, 14(12), 665. <https://doi.org/10.3390/info14120665>
- GISAID. (2026). Submission Tracker. <https://gisaid.org/submission-tracker-global/>
- Hai, T. N., Van, Q. N., & Thi Tuyet, M. N. (2021). Digital Transformation: Opportunities and Challenges for Leaders in the Emerging Countries in Response to Covid-19 Pandemic. *Emerging Science Journal*, 5, 21–36. <https://doi.org/10.28991/esj-2021-SPER-03>
- Hameed, M., Najafi, M., Cheeti, S., Sheokand, A., Mago, A., & Desai, S. (2022). Factors influencing international collaboration on the prevention of COVID-19. *Public Health*, 212, 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2022.08.017>
- Hasan, I., Dhawan, P., Rizvi, S. A. M., & Dhir, S. (2023). Data analytics and knowledge management approach for COVID-19 prediction and control. *International Journal of Information Technology*, 15(2), 937–954. <https://doi.org/10.1007/s41870-022-00967-0>

- Huang, S. (2025). Progress in Interdisciplinary Research: Evidence From the COVID-19 Pandemic. *Sage Open*, 15 (3). <https://doi.org/10.1177/21582440251361767>
- Hufsky, F., Lamkiewicz, K., Almeida, A., Aouacheria, A., Arighi, C., Bateman, A., Baumbach, J., Beerenwinkel, N., Brandt, C., Cacciabue, M., Chuguransky, S., Drechsel, O., Finn, R. D., Fritz, A., Fuchs, S., Hattab, G., Hauschild, A.-C., Heider, D., Hoffmann, M., ... Marz, M. (2021). Computational strategies to combat COVID-19: useful tools to accelerate SARS-CoV-2 and coronavirus research. *Briefings in Bioinformatics*, 22(2), 642–663. <https://doi.org/10.1093/bib/bbaa232>
- Jazieh, A. R., & Kozlakidis, Z. (2020). Healthcare Transformation in the Post-Coronavirus Pandemic Era. *Frontiers in Medicine*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00429>
- Johns Hopkins University. (2020). Coronavirus Resource Center. <https://coronavirus.jhu.edu/>
- Kim, K., & Cho, K. T. (2021). A Review of Global Collaboration on COVID-19 Research during the Pandemic in 2020. *Sustainability*, 13(14), 7618. <https://doi.org/10.3390/su13147618>
- Kiseleva, O., Yakovlev, S., Prytomanova, O., & Kuzenkov, O. (2025). Mathematical Modeling of Regional Infectious Disease Dynamics Based on Extended Compartmental Models. *Computation*, 13(8), 187. <https://doi.org/10.3390/computation13080187>
- Konchak, C. W., Krive, J., Au, L., Chertok, D., Dugad, P., Granchalek, G., Livschiz, E., Mandala, R., McElvania, E., Park, C., Robicsek, A., Sabatini, L. M., Shah, N. S., & Kaul, K. (2021). From Testing to Decision-Making: A Data-Driven Analytics COVID-19 Response. *Academic Pathology*, 8, 23742895211010256. <https://doi.org/10.1177/23742895211010257>
- Mathaisel, D. F. X. (2023). Data Science in a Pandemic. *Data Science Journal*, 22. <https://doi.org/10.5334/dsj-2023-041>
- Mathieu, E., Ritchie, H., Rodés-Guirao, L., Appel, C., Gavrillov, D., Giattino, C., Hasell, J., Macdonald, B., Dattani, S., Beltekian, D., Ortiz-Ospina, E., & Roser, M. (2020). Coronavirus (COVID-19) Cases. *OurWorldinData.Org*. <https://ourworldindata.org/>
- McClymont, H., & Hu, W. (2021). Weather Variability and COVID-19 Transmission: A Review of Recent Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 396. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020396>
- Mendoza Zárate, J. H. (2023). Transformación digital educativa y competencias TIC para el desarrollo profesional docente durante la pandemia por COVID-19. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v11i1.3755>
- Morgan, C., & Rose, N. (2020). Multidisciplinary research priorities for the COVID-19 pandemic. *The Lancet Psychiatry*, 7(7), e33. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30230-3](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30230-3)

- Nieto-Taborda, M. L., & Lupplicini, R. (2024). Accelerated Digital Transformation of Higher Education in the Wake of COVID-19: A Systematic Literature Review. *International Journal of Changes in Education*, 2(2), 123–138. <https://doi.org/10.47852/bonviewIJCE42023125>
- Nuha, N., Ali Pitchay, S., Ab Halim, A. H., Sahbudin, M. A. Bin, & Sahbudin, I. (2025). Beyond the outbreak: a review of big data analytics in proactive infectious disease prevention for risk mitigation for COVID-19. *Journal of Big Data*, 12(1), 185. <https://doi.org/10.1186/s40537-025-01245-z>
- Onu, P., Pradhan, A., & Mbohwa, C. (2023). Industry 4.0 and Beyond: Enabling Digital Transformation and Sustainable Growth in Industry X.0. 2023 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 0758–0762. <https://doi.org/10.1109/IEEM58616.2023.10406334>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). WHO Coronavirus (COVID-19) dashboard. <https://data.who.int/dashboards/covid19/more-resources>
- Organización Mundial de la Salud. (2025a, May 23). The World Health Assembly endorses the extension of the Global Strategy on Digital Health to 2027 and approves the next phase for 2028–2033. <https://www.who.int/news/item/23-05-2025-world-health-assembly-endorses-extension-of-the-global-digital-health-strategy-to-2027#:~:text=In%20a%20decisive%20move%20to,and%20the%20Sustainable%20Development%20Goals.>
- Organización Mundial de la Salud. (2025b, October 13). WHO upgrades its public health intelligence system to boost global health security. WHO Media Team. <https://www.who.int/news/item/13-10-2025-who-upgrades-its-public-health-intelligence-system-to-boost-global-health-security>
- Organización Mundial de la Salud. (2025c, November 27). Enfermedad por coronavirus (COVID-19). [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/coronavirus-disease-\(covid-19\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/coronavirus-disease-(covid-19))
- Rito, T., Fernandes, P., Duarte, R., & Soares, P. (2023). Evaluating Data Sharing of SARS-CoV-2 Genomes for Molecular Epidemiology across the COVID-19 Pandemic. *Viruses*, 15(2), 560. <https://doi.org/10.3390/v15020560>
- Roy, D., Srivastava, R., Jat, M., & Karaca, M. S. (2022). A Complete Overview of Analytics Techniques: Descriptive, Predictive, and Prescriptive (pp. 15–30). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82763-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82763-2_2)
- Sariyer, G., Ataman, M. G., Mangla, S. K., Kazancoglu, Y., & Dora, M. (2023). Big data analytics and the effects of government restrictions and prohibitions in the COVID-19 pandemic on emergency department sustainable operations. *Annals of Operations Research*, 328(1), 1073–1103. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04955-2>
- Sharma, A., Virmani, T., Pathak, V., Sharma, A., Pathak, K., Kumar, G., & Pathak, D. (2022). Artificial Intelligence-Based Data-Driven Strategy to Accelerate Research, Development, and Clinical Trials of COVID Vaccine. *BioMed Research International*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/7205241>
- Sharma, L. D., Joshi, K. J., Acharya, T. A., Dwivedi, M. G., & Sethy, G. B. (2022). Infodemics during era of COVID-19 pandemic: A review of literature. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 11(8), 4236–4239. [https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe\\_2446\\_21](https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_2446_21)

- 
- Sheng, J., Amankwah-Amoah, J., Khan, Z., & Wang, X. (2021). COVID-19 Pandemic in the New Era of Big Data Analytics: Methodological Innovations and Future Research Directions. *British Journal of Management*, 32(4), 1164–1183. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12441>
- Tenali, N., & Babu, G. R. M. (2023). A Systematic Literature Review and Future Perspectives for Handling Big Data Analytics in COVID-19 Diagnosis. *New Generation Computing*, 41(2), 243–280. <https://doi.org/10.1007/s00354-023-00211-8>
- Thanh Le, T., Andreadakis, Z., Kumar, A., Gómez Román, R., Tollefsen, S., Saville, M., & Mayhew, S. (2020). The COVID-19 vaccine development landscape. *Nature Reviews Drug Discovery*, 19(5), 305–306. <https://doi.org/10.1038/d41573-020-00073-5>
- Vela, G. (2025, November 26). Presentan a ‘Coatlícue’, proyecto de supercomputadora pública mexicana como parte del Plan México. *Milenio*. <https://www.milenio.com/politica/coatlícue-proyecto-de-supercomputadora-publica-mexicana-que-es>