

**Revisión documental sobre el uso de ciencia de datos y sistemas de información geográfica
en la mejora del acceso equitativo a los servicios de salud**

Juan Pablo Rodríguez Parra

Asesor

María Alejandra Varona Tabora

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI
Especialización en Ciencia de Datos y Analítica

2025

Nota de Aceptación

María Alejandra Varona Taborda

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Dedico esta monografía a mi familia, en especial a mi madre por su incondicional apoyo, y a todas las personas que, de una u otra forma, han sido parte de mi trayectoria personal, académica y profesional.

Agradecimientos

A mis padres y hermano, por su incondicional apoyo.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por permitirme avanzar en mi desarrollo académico y profesional.

A mi tutora, por su valiosa orientación para la realización de este trabajo.

Al doctor Luis Fernando Lloreda, por su constante ayuda.

Resumen

La presente monografía, constituye una revisión documental centrada en el análisis del papel de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramientas clave para promover el acceso equitativo a los servicios de salud. Mediante el análisis de literatura científica, se exploran diversas experiencias y estudios de caso en distintos contextos geográficos y socioeconómicos. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), representan una herramienta estratégica en el ámbito de la salud pública, su aplicación permite mejorar la planificación sanitaria, optimizar la asignación de recursos y diseñar modelos de atención orientados a la equidad, debido a que la combinación de grandes volúmenes de datos con análisis geoespacial, permite identificar patrones, predecir brotes de enfermedades, brechas en el acceso a servicios y zonas con mayor vulnerabilidad sanitarias, lo cual facilita la toma de decisiones basadas en evidencia. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías enfrenta desafíos importantes como la escasez de datos confiables y actualizados, la necesidad de proteger la información sensible y personal, las limitaciones en capacitación técnica del personal involucrado y los problemas de interoperabilidad entre diferentes plataformas y sistemas de información. A pesar de estos obstáculos, el uso conjunto de Ciencia de Datos y SIG se consolida como una solución innovadora para avanzar hacia sistemas sanitarios más eficientes, integrados y equitativos. Su utilidad es aún más relevante en contextos vulnerables, donde la identificación precisa de necesidades, puede marcar la diferencia en la efectividad de las intervenciones y en la reducción de desigualdades en salud.

Palabras clave: Acceso a la salud, Ciencia de Datos, Equidad en salud, Servicios de salud, Sistemas de Información Geográfica.

Abstract

This monograph is a documentary review focused on the role of Data Science and Geographic Information Systems (GIS) as key tools for promoting equitable access to health services. Through the analysis of scientific literature, various experiences and case studies in different geographic and socioeconomic contexts are explored. Geographic Information Systems (GIS) represent a strategic tool in the field of public health. Their application allows for improved health planning, optimized resource allocation, and the design of equity-oriented care models. The combination of large volumes of data with geospatial analysis allows for the identification of patterns, prediction of disease outbreaks, gaps in access to services, and areas with greater health vulnerability, which facilitates evidence-based decision-making. However, the implementation of these technologies faces significant challenges, such as the scarcity of reliable and up-to-date data, the need to protect sensitive and personal information, limited technical training for the personnel involved, and interoperability issues between different platforms and information systems. Despite these obstacles, the combined use of Data Science and GIS is consolidating as an innovative solution for moving toward more efficient, integrated, and equitable healthcare systems. Its usefulness is even more relevant in vulnerable contexts, where the accurate identification of needs can make a difference in the effectiveness of interventions and the reduction of health inequalities.

Keywords: Access to health, Data Science, Health Equity, Health Services, Geographic Information Systems.

Tabla de Contenido

Introducción.....	11
Descripción del Problema	14
Planteamiento del Problema.....	15
Justificación	16
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco Conceptual y Teórico	19
Ciencia de Datos y Sistemas de Información Geografía (SIG) en Salud	19
Desafíos en la Implementación de Tecnologías para la Equidad en Salud en Colombia.....	22
Acceso y Equidad en Salud: Fundamentos y Estrategias Tecnológicas.....	24
Desafíos y Herramientas para la Equidad en Salud	24
Conceptos clave del Acceso Equitativo a Salud y Tecnologías de Datos	24
Conceptos Fundamentales	25
Marco Normativo.....	26
Resultados.....	27
Recolección y Sistematización de la Información.....	27
Sistematización de la Información.....	36
Tipo de Estudio.....	36
Recolección de Datos	37
Criterios de Inclusión.....	37
Criterios de Exclusión	37

Análisis de la Revisión Documental.....	40
Equidad en Salud a Nivel Global.....	40
El Contexto Europeo	40
Desigualdades en América Latina.....	41
Accesibilidad a la Salud: Enfoque en América Latina y Colombia	42
Tecnología y Ciencia de Datos y Sistemas de Información Geográfica: Herramientas para Mejorar la Equidad en Salud	43
Estudios de Caso Destacados.....	44
Brasil y México	44
Costa Rica: Integración de Datos en la Respuesta a la Pandemia	46
Modelo de Cobertura Potencial de Atención Primaria en Brasil	48
Tennessee (EE. UU.), Accesibilidad Equitativa a Servicios de Hemodiálisis	49
Experiencias en Contextos Rurales de África y Asia: Cartografía Participativa	50
Ciencia de Datos y SIG en la Predicción de Inasistencias Médicas: Avances desde el Contexto Colombiano.....	51
Cumplimiento de Objetivos	53
Objetivo General.....	53
Objetivo Específico 1.....	53
Objetivo Específico 2.....	54
Objetivo Específico 3.....	54
Conclusiones.....	56
Recomendaciones	57
Referencias Bibliográficas.....	58

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Ficha de Análisis Documental</i>	28
Tabla 2 <i>Comparación de Ciencia de Datos, SIG e Integración para el Análisis en Salud Pública</i>	38

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Ciencia de Datos en Investigaciones en Salud Década 2010-2020</i>	19
Figura 2 <i>Mapa de la Calor Muertes por COVID 19 Año 2020 en Estados Unidos</i>	21
Figura 3 <i>Factores a Considerar en la Planificación de acceso a los servicios de Salud</i>	22

Introducción

Actualmente, la ciencia de datos es una herramienta fundamental para la utilización de datos y la generación de conocimiento. Según García (2018), a finales del siglo XX, la cantidad de datos almacenada en las bases de datos ya excedía la capacidad de los operadores para reducir y analizar la información sin el uso de técnicas de análisis automatizadas. El crecimiento acelerado del flujo de información en los últimos años, debido a las nuevas posibilidades que ofrece la infraestructura en redes de comunicación y la disponibilidad de dispositivos inteligentes, ha sumergido al mundo en un sinfín de datos donde la captura y el análisis de la información se vuelven imprescindibles.

La velocidad de crecimiento de los datos disponibles implica el desarrollo de métodos científicos y de ingeniería que permitan establecer sistemas y procedimientos para almacenar, procesar y analizar esta información. En este sentido, la Ciencia de Datos constituye una herramienta fundamental por su capacidad para extraer información valiosa de los datos y generar conocimiento. Esto ha transformado la manera en que se abordan los desafíos del mundo moderno en la resolución de problemas.

La esencia de la Ciencia de Datos no reside únicamente en la recolección de datos, sino en su transformación para generar valor real y conocimiento aplicable en la toma de decisiones, tanto en el análisis empresarial y organizacional como en la investigación científica, la salud, las finanzas, entre otros (Kampakis, 2023).

La mayoría de los datos en el mundo real tienen un componente de ubicación, ya que "todo ocurre en algún lugar". Este principio genera la convergencia entre la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos últimos son herramientas diseñadas para capturar, almacenar, analizar, gestionar y visualizar datos geoespaciales, es decir, datos que

tienen un componente geográfico (coordenadas y ubicación específica). La integración de la Ciencia de Datos en los SIG ha transformado estas herramientas en plataformas completas de análisis espacial.

En el sector salud, la integración de las dos herramientas ha revolucionado la forma en que se recopila, analiza y visualiza la información, permitiendo identificar patrones, tendencias y factores de riesgo que facilitan la detección temprana de enfermedades, el diagnóstico preciso, la estimación del riesgo de complicaciones y la recomendación de tratamientos más efectivos, entre otros.

Los SIG permiten la visualización geoespacial de datos sobre salud, la identificación de brechas en el acceso a los servicios de salud, y la localización de áreas desatendidas o con alto índice de enfermedades (Cuervo et al., 2021). Esto facilita la toma de decisiones informadas, especialmente en la gestión de emergencias sanitarias, la planificación de recursos y la evaluación de intervenciones en salud pública. Un sistema de salud moderno debe propender por la prestación de atención médica oportuna, igualitaria y de calidad para todas las personas, independientemente de su condición demográfica, económica o ubicación geográfica.

En Colombia, particularmente en áreas rurales y marginadas, existen deficiencias de infraestructura, recursos y disponibilidad de personal de salud que impactan negativamente tanto la calidad de los servicios sanitarios como la atención médica que reciben sus habitantes. Estas disparidades contribuyen al acceso no equitativo a servicios de salud, incrementando las desigualdades sociales y económicas en el país.

En este contexto, la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consolidan como herramientas tecnológicas fundamentales para optimizar la planificación y la gestión de los servicios de salud. La integración de ambas tecnologías transforma

significativamente la manera en que se identifican, analizan y abordan las inequidades en el acceso a la atención médica, promoviendo además una cobertura más justa y eficiente.

No obstante, el éxito de la implementación de estas tecnologías depende de diversos factores críticos, entre los que se destacan la calidad y disponibilidad de los datos, el nivel de capacitación técnica del personal de salud y la existencia de una infraestructura tecnológica adecuada en las distintas regiones.

En consecuencia, una revisión documental de la aplicación de la ciencia de datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la mejora de la equidad en la prestación de los servicios de salud, representa un campo de estudio particularmente relevante y actual. La presente revisión analiza la literatura científica sobre la aplicación de estas herramientas tecnológicas para mejorar el acceso a la salud. En este análisis se identifican metodologías aplicadas, casos de éxito y barreras que han dificultado su implementación efectiva en diversos contextos.

Descripción del Problema

En Colombia, persiste una marcada desigualdad en el acceso a servicios de salud oportunos, adecuados y de calidad. Esta situación es particularmente grave en comunidades rurales y marginadas. Esta brecha también se observa en otros países de América Latina y en regiones con condiciones similares, donde factores como la distribución desigual de recursos, las barreras geográficas y la baja inversión en salud pública limitan el acceso a los servicios esenciales.

La consecuencia directa de estas barreras es un sistema de salud fragmentado donde la equidad es una meta lejana. Esta situación perpetúa ciclos de inequidad, aumenta la mortalidad por enfermedades prevenibles, agrava los niveles de pobreza y genera una creciente carga financiera para el sistema sanitario.

Planteamiento del Problema

El acceso equitativo a los servicios de salud pública sigue siendo uno de los principales desafíos en muchos países. Esto es especialmente cierto en aquellos con marcadas desigualdades territoriales, sociales y económicas. A pesar de los esfuerzos hacia la salud universal, persisten importantes desigualdades en la cobertura, la calidad de los servicios y la disponibilidad de infraestructura médica, sobre todo en zonas rurales, áreas urbanas periféricas y regiones con alta vulnerabilidad social.

Además, un factor que contribuye a esta problemática es la limitada disponibilidad de datos confiables, actualizados y desagregados territorialmente. La falta de sistemas sólidos de gestión tecnológica y análisis de información restringe la capacidad de las instituciones de salud para identificar de forma más precisa las necesidades regionales. Esto dificulta la priorización de intervenciones, la asignación eficiente de recursos y el diseño de estrategias más específicas que realmente respondan a la realidad de cada región.

A pesar del potencial transformador de tecnologías como la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para mejorar la equidad en el acceso a la salud, su implementación también enfrenta importantes barreras en contextos como el colombiano y en países con condiciones similares. Algunas de estas barreras incluyen las dificultades para recolectar datos en zonas con baja conectividad, la falta de infraestructura tecnológica adecuada y la escasez de personal capacitado para el análisis y la gestión de la información. Estas limitaciones restringen el uso efectivo de estas herramientas en la planificación y la toma de decisiones en salud, lo que dificulta avanzar hacia sistemas más justos y eficientes.

Justificación

La salud es un derecho humano fundamental. Sin embargo, garantizar este derecho sigue siendo un reto en muchas partes del mundo, incluyendo Colombia. Aquí persisten profundas desigualdades en el acceso a los servicios sanitarios, lo que afecta negativamente la calidad y la esperanza de vida en la población de áreas vulnerables. Al mismo tiempo, agrava la pobreza, amplía las brechas socioeconómicas y sobrecarga los sistemas de salud.

La justificación de esta monografía radica en la necesidad de abordar las desigualdades en la provisión de servicios de salud, particularmente en áreas rurales y marginadas. Esto hace necesario la aplicación de tecnología actualizada y contextualizada. Abordar el acceso a salud, es un desafío que ha sido ampliamente reconocido como un factor determinante en los resultados de salud pública a nivel global. En este sentido, la búsqueda de estrategias que promuevan una atención sanitaria más equitativa sigue siendo una prioridad en la formulación en la implementación de políticas públicas de salud.

En este contexto, la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen una oportunidad estratégica para optimizar la planificación, gestión y distribución de los servicios sanitarios. Explorar su potencial en la reducción de brechas territoriales y sociales puede contribuir significativamente al diseño de políticas más justas, enfocadas en asegurar el derecho fundamental a la salud para todos los ciudadanos.

Considerando lo anterior, en diversos escenarios la utilización conjunta de la Ciencia de Datos y los SIG ha generado conocimiento que impulsa el perfeccionamiento de la atención sanitaria. Estas tecnologías se posicionan como instrumentos clave para apoyar la planificación del sector, optimizar la ubicación de infraestructuras, identificar patrones espaciales de morbilidad y anticipar la demanda de atención en distintos territorios.

A través de una revisión documental y su análisis, esta monografía busca ofrecer una perspectiva que permita identificar tendencias, retos y buenas prácticas en la aplicación de estas herramientas en el ámbito de la salud, basándose en experiencias previas.

Objetivos

Objetivo General

Caracterizar la literatura científica existente sobre el uso de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la mejora del acceso a servicios de salud en áreas rurales y marginadas.

Objetivos Específicos

Seleccionar un método adecuado para realizar la revisión bibliográfica, con el fin de asegurar una recopilación y análisis riguroso de la literatura pertinente.

Diseñar el protocolo para la revisión de la literatura, detallando los criterios de inclusión y exclusión, fuentes de datos y estrategias de búsqueda, para garantizar la calidad y relevancia de los estudios seleccionados.

Ejecutar la revisión de la literatura en el dominio de los elementos de la Ciencia de Datos y SIG aplicados a la salud pública, analizando cómo estas tecnologías han sido utilizadas en contextos similares al propuesto.

Marco Conceptual y Teórico

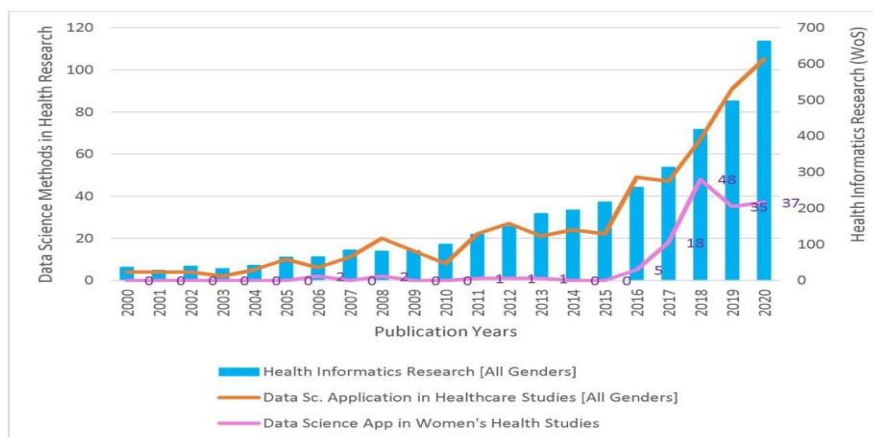
Ciencia de Datos y Sistemas de Información Geografía (SIG) en Salud

La aplicación de la Ciencia de Datos en el sector salud ha demostrado beneficios significativos, mejorando el diagnóstico, la detección temprana de enfermedades y la optimización de recursos. Botani (2022) destaca que la Ciencia de Datos facilita la gestión e interpretación de Big Data, lo que abre nuevas oportunidades en diagnóstico, tratamientos, prevención, gestión hospitalaria y salud pública.

Mediante el uso de técnicas de minería de datos, es posible evolucionar desde las bases de datos médicas tradicionales hacia un entorno basado en conocimiento y evidencia. Por ejemplo, los sistemas de inteligencia artificial pueden analizar historiales médicos para detectar riesgos de diabetes antes de que aparezcan los síntomas, permitiendo intervenciones preventivas eficientes y oportunas. La Figura 1 ilustra el incremento en el uso de la Ciencia de Datos en investigaciones y estudios relacionados con el cuidado de la salud durante la década de 2010 a 2020.

Figura 1

Ciencia de Datos en Investigaciones en Salud Década 2010-2020



Nota. Tomado de Revista científica Applied Sciences (MDPI), volumen 13, número 6.

Diferentes estudios evidencian el impacto positivo de la Ciencia de Datos en medicina.

Los modelos de machine learning han contribuido a la detección temprana de afecciones como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. A su vez, el análisis predictivo ha optimizado la gestión hospitalaria y ha permitido la personalización de tratamientos a partir de datos genómicos.

La inteligencia artificial ha mejorado la precisión en la interpretación de imágenes médicas, y el procesamiento de lenguaje natural ha facilitado el análisis de registros clínicos. En conjunto, estas herramientas y avances han transformado la atención médica, abriendo nuevas posibilidades hacia un sistema de salud más eficiente, proactivo y adaptado a cada paciente.

El empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el ámbito de la salud se remonta a 1854, cuando los mapas elaborados por John Snow para estudiar un brote de cólera en Londres marcaron el inicio de la epidemiología moderna. En la actualidad, los SIG se han consolidado como herramientas fundamentales en salud pública.

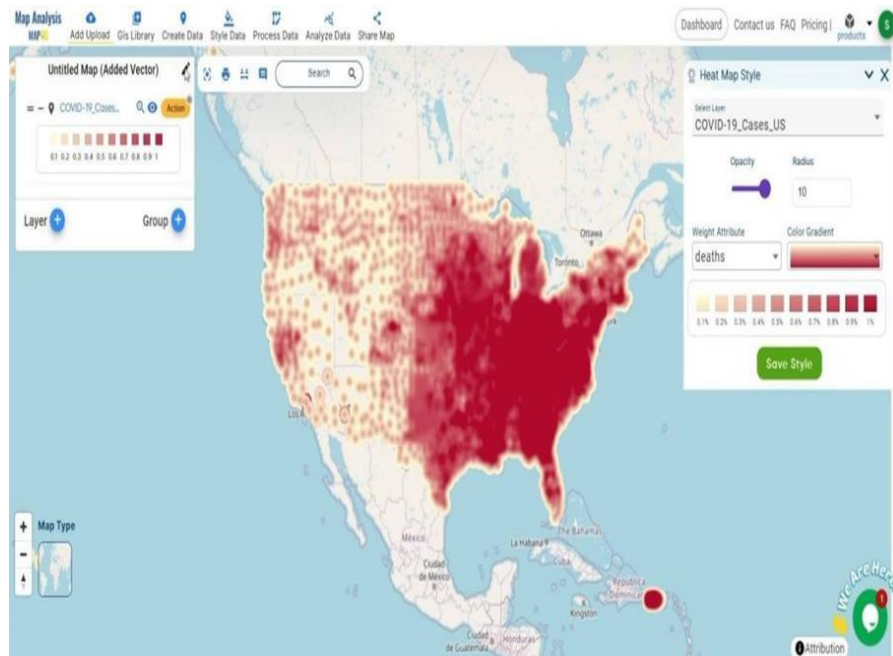
Investigaciones en Brasil, Nigeria, Vietnam y muchos otros países demuestran que la integración de los SIG con el análisis de datos masivos en tiempo real mejora significativamente la detección de patrones espaciales y la planificación de intervenciones en los sistemas de salud (Esri, 2023; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023; Zhang et al., 2022; Oliveira et al., 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) han utilizado estas herramientas para el monitoreo continuo de casos, hospitalizaciones y mortalidad, especialmente en el seguimiento de la crisis de COVID-19, la Viruela Símica y la Influenza aviar (Organización Panamericana de la salud/Organización Mundial de la Salud [OPS/OMS], 2019-2025). La Figura 2 ilustra cómo los SIG se consolidaron

como un instrumento esencial en la respuesta a crisis sanitarias mundiales.

Figura 2

Mapa de l Calor Muertes por COVID 19 Año 2020 en Estados Unidos

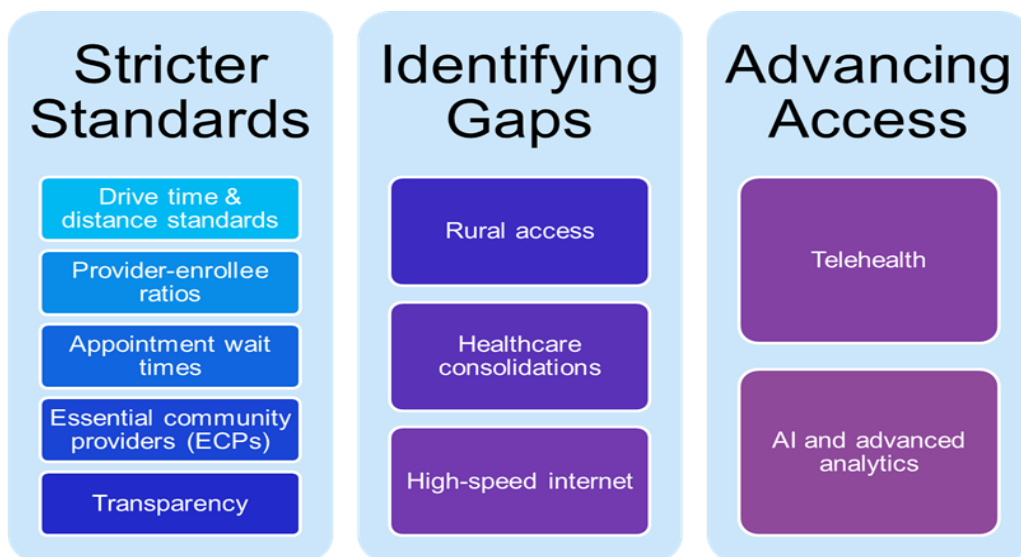


Nota. Recuperado de “Heat map of COVID-19 deaths EEUU”, Mapcite (2020)

En el actual contexto de transformación digital en salud, marcado por el crecimiento de herramientas como la tele salud, uno de los desafíos prioritarios para los SIG consiste en comprender, monitorear y optimizar la accesibilidad a los servicios sanitarios, asegurando que ningún grupo poblacional quede excluido. La Figura 3 ilustra algunas de las principales tendencias observadas en la accesibilidad a la atención médica, destacando factores críticos para la planificación territorial.

Figura 3

Factores a Considerar en la Planificación de acceso a los servicios de Salud



Nota. Tomado de "Trends in Health GIS: Mapping Healthcare Accessibility", Esri (2021)

Desafíos en la Implementación de Tecnologías para la Equidad en Salud en Colombia

En Colombia, como en otras naciones con condiciones socioeconómicas comparables, persiste una pronunciada desigualdad en el acceso a servicios de salud oportunos, adecuados y de calidad. Esta situación impacta de manera desproporcionada a las poblaciones rurales, indígenas y a los grupos urbanos marginados. Factores estructurales, tales como la infraestructura sanitaria deficiente, la escasez de personal médico y las limitaciones de conectividad vial y geográfica, obstaculizan el acceso efectivo a la atención médica (Rosa & Frutos, 2022).

Estas barreras no solo perpetúan la inequidad, sino que también contribuyen a un incremento en la mortalidad por enfermedades prevenibles, un aumento en los niveles de pobreza y una mayor presión financiera sobre los sistemas de salud, tanto públicos como privados.

Si bien la implementación de herramientas tecnológicas como la Ciencia de Datos y los

Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha demostrado un potencial significativo para facilitar la toma de decisiones basadas en evidencia, optimizar la distribución de recursos, fortalecer la vigilancia epidemiológica y mejorar las políticas públicas de salud, su adopción e integración efectiva enfrentan numerosos desafíos. Entre los obstáculos más relevantes se encuentran:

- Baja calidad y disponibilidad de datos: La información sanitaria a menudo es incompleta o inconsistente.
- Falta de interoperabilidad entre plataformas: Los sistemas no se comunican eficientemente entre sí.
- Fragmentación institucional: Las entidades de salud operan de manera aislada.
- Carencia de infraestructuras tecnológicas adecuadas: No se cuenta con el soporte técnico necesario.

Estos factores incrementan considerablemente los costos y limitan el aprovechamiento de estas herramientas (Rosa & Frutos, 2022).

A las limitaciones técnicas y operativas expuestas, se suman problemáticas estructurales más profundas, como las desigualdades económicas, sociales y territoriales, que condicionan el desarrollo y la sostenibilidad de iniciativas basadas en tecnologías de la información. En muchos contextos, la falta de inversión, formación y coordinación restringe la aplicación de tecnologías digitales en salud.

La transformación del sistema sanitario mediante herramientas como la Ciencia de Datos y los SIG requiere superar no solo las barreras técnicas, sino también avanzar hacia modelos más inclusivos y participativos que respondan eficazmente a las necesidades de las poblaciones más vulnerables.

Acceso y Equidad en Salud: Fundamentos y Estrategias Tecnológicas

El acceso a la salud es un componente esencial del derecho fundamental a la salud, según lo reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este concepto se articula a través del acceso universal y la cobertura universal de salud, lo que implica que todas las personas deben tener derecho a servicios de salud integrales, oportunos, de calidad y asequibles. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) enfatiza que el acceso no se limita a la disponibilidad de servicios, sino que también exige la eliminación de barreras financieras, geográficas y culturales que restringen la atención sanitaria (OPS, 2021).

El acceso equitativo se refiere a la garantía de que todas las personas, sin importar su condición socioeconómica, geográfica o cultural, tengan igualdad de oportunidades para acceder a los servicios de salud. Es crucial entender que esto no significa que todos reciban exactamente el mismo servicio, sino que cada individuo reciba la atención adecuada según sus necesidades específicas. La equidad en salud se logra cuando todas las personas tienen la oportunidad de alcanzar su máximo potencial de salud, un objetivo que está intrínsecamente influenciado por los determinantes sociales y estructurales del entorno (World Health Day, 2021).

Desafíos y Herramientas para la Equidad en Salud

Conceptos clave del Acceso Equitativo a Salud y Tecnologías de Datos

Un fenómeno teórico relevante que ilustra las barreras al acceso es la "distancia-decaimiento", el cual describe una menor utilización de los servicios de salud a medida que aumenta la distancia geográfica entre los usuarios y los puntos de atención. Para contrarrestar este efecto y fortalecer los sistemas de salud, es imperativo implementar herramientas tecnológicas como la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas tecnologías permiten identificar de manera precisa las brechas existentes en el acceso a la salud y,

consecuentemente, orientar intervenciones más equitativas (Ginberg et al., 2021).

Específicamente, técnicas avanzadas como los modelos de accesibilidad espacial (por ejemplo, el Método de dos pasos de flotación de la capacidad de acceso - 2SFCA y el Método de tres pasos de flotación de la capacidad de acceso - 3SFCA), los modelos gravitacionales y el análisis de redes, son fundamentales para cuantificar el grado de accesibilidad real de la población a los servicios de salud, lo que facilita la toma de decisiones informadas para mejorar la equidad.

Conceptos Fundamentales

- **Acceso a la Salud:** Este componente del derecho a la salud garantiza que todas las personas puedan utilizar servicios integrales de manera oportuna y asequible.
- **Acceso Equitativo:** Se refiere al principio según el cual cada individuo recibe atención de acuerdo con sus necesidades para alcanzar su mejor estado de salud, eliminando barreras y disparidades.
- **Ciencia de Datos:** Es un campo interdisciplinario que integra la estadística, la informática y el conocimiento del dominio para transformar datos masivos (Big Data) en información útil que apoye la toma de decisiones. Comprende tres áreas principales: la gestión de Big Data, la minería de datos y la visualización de datos.
- **Big Data:** Se refiere a grandes volúmenes de datos caracterizados por su volumen, velocidad y variedad, los cuales no pueden ser gestionados o procesados eficazmente mediante métodos tradicionales (Perugino & Stone, 2020).
- **Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Son herramientas tecnológicas que permiten la recolección, análisis y visualización de datos georreferenciados. Esto facilita la localización de fenómenos sanitarios en el espacio y el tiempo, lo que es crucial para la

planificación y la intervención en salud (Moreno Castillo & Barcellos Neto, 2023).

Marco Normativo

El marco normativo que sustenta el derecho a la salud se basa en directrices de organizaciones internacionales y legislaciones nacionales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) establecen el acceso universal como un pilar del derecho a la salud, destacando la necesidad de superar la exclusión y las barreras de acceso en áreas vulnerables como una prioridad (OPS, 2021).

En el ámbito tecnológico, el uso de información clínica está regulado por normativas de protección de datos. Un ejemplo es el sistema de Historia Clínica Electrónica Nacional de Uruguay, que facilita el intercambio seguro de información médica con consentimiento informado, mejorando la continuidad del cuidado y la gestión sanitaria (Ministerio de Salud Pública de Uruguay, 2022). Estos marcos son fundamentales para la implementación ética de la Ciencia de Datos en el sector salud.

El marco normativo para el acceso a los servicios de salud en Colombia, se basa en la constitución y varias leyes clave. La Ley 100 de 1993 del sistema General de Seguridad Social en Salud. La Ley 1751 de 2015 consagra la salud como derecho fundamental. La Ley 1438 de 2011 fortalece la salud pública y promueve la atención primaria. En cuanto al acceso a salud, los principios clave son universalidad, equidad, integralidad, calidad y sostenibilidad financiera. La Atención Primaria en Salud (APS) se centra en la prevención y la participación social. A pesar de los avances para mejorar las políticas públicas de salud, persisten muchos desafíos en calidad, equidad y sostenibilidad. Iniciativas como la "Estrategia PASE a la Equidad en Salud" buscan mejorar el acceso y la calidad de los servicios para todos.

Resultados

Recolección y Sistematización de la Información

Para esta investigación, se realizó una búsqueda bibliográfica con el objetivo de identificar estudios relacionados con la aplicación de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la promoción del acceso equitativo a los servicios de salud. Inicialmente, se consultaron 51 documentos académicos, seleccionados por su pertinencia, actualidad y solidez científica.

Se abordó la equidad en el acceso a los servicios de salud, así como el uso de la ciencia de datos y los SIG como herramientas para mejorar el acceso sanitario, tanto en el contexto colombiano como en otros escenarios internacionales. Los documentos preseleccionados fueron analizados para identificar patrones, hallazgos significativos y aplicaciones prácticas.

De los 51 artículos iniciales, se seleccionaron 36 que cumplieron con la especificidad temática y los criterios de inclusión establecidos para el estudio. Para sistematizar los hallazgos, se elaboró una matriz de revisión documental (Tabla 1).

Esta matriz recopiló y organizó estudios relevantes que abordan la aplicación de Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica en el acceso equitativo a los servicios de salud. Dicha matriz no solo permitió organizar la información de manera estructurada sino que facilitó la identificación de las principales técnicas empleadas en los trabajos analizados, así como las experiencias documentadas en diferentes contextos geográficos y sociales.

Tabla 1*Ficha de Análisis Documental*

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
1	Accessibility to primary health center facilities using geospatial techniques in Southern Plateau, Nigeria.	Abasi, A., Adedeji, O., Bukar, M., Babamaaji, R., & Dakul, D.	2020	Artículo de Revista	<i>Nigerian Journal of Parasitology</i> (Scopus, Index Copernicus)
2	Applications of GIS and geospatial analyses in COVID-19 research: A systematic review.	Ahasan, R., Alam, M. S., Chakraborty, T., & Hossain, M. M.	2022	Artículo de Revista (Revisión Sistemática)	<i>F1000Research</i> (Scopus, PubMed, Google Scholar, Inspec)
3	A review of GIS applications in public health surveillance.	Biu, P. W., Nwasike, C. N., Tula, O. A., Ezeigweneme, C. A., & Gidiagba, J. O.	2024	Artículo de Revista (Revisión)	<i>World Journal of Advanced Research and Reviews</i> (Crossref, Index Copernicus, Google Scholar, Arxiv, ResearchGate)
4	Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: A GIS-based study.	Briceño-Robles, R., Sosa-Rubí, S. G., & Ortega-Avila, A. M.	2004	Artículo de Revista	<i>Social Science & Medicine</i> (Web of Science SCIE/SSCI, Scopus, PubMed, MEDLINE, Embase)
5	Technologies to fight the COVID-19 pandemic using big data and artificial intelligence.	Caccon, D., & Tetchadourlan, [Initial].	2020	Artículo de Revista	<i>Artificail Privacy Profesional de Journal</i> [No en bases de datos académicas estándar - IAPP]
6	Análisis de accesibilidad a centros oncológicos en Cali mediante datos	Cuervo, J., Pérez, M., & Rodríguez, L.	2021	Artículo de Revista	<i>Revista de Salud Pública</i> (Index Medicus, MEDLINE, SciELO, LILACS, LATINDEX, Scopus,

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
	abiertos y técnicas de big data.				Elsevier)
7	Geospatial applications in health and allied health.	Gahanna, K. G., et al.	2024	Artículo de Revista	<i>International Journal of Health and Allied Sciences</i> [Basado en información proporcionada]
8	GIS-based assessments of neighborhood food environments and chronic conditions: An overview of methodologies.	Ganasegeran, K., Abdul Manaf, M. R., Safian, N., Waller, L. A., Abdul Maulud, K. N., & Mustapha, F. I.	2024	Artículo de Revista (Revisión)	Annual Review of Public Health (Scopus, Web of Science SSCI, JSTOR, NLM, Index Copernicus)
9	Ciencia de datos: Técnicas analíticas y aprendizaje estadístico. Un enfoque práctico.	García, J., Molina, J. M., Berlanga, A., Patricio, M. A., Bustamante, Á. L., & Padilla, W. R.	2018	Libro	Alfaomega Editorial (Catálogos de Bibliotecas, BookScouter)
10	Data science in health services.	Giabbanelli, P. J., & Badham, J.	2023	Artículo de Revista	Information (DOI)
11	Procesamiento y análisis de datos en salud: Herramientas y metodologías para mejorar la atención médica	González, M., Pérez, A., & Rodríguez, J.	2023	Libro	Editorial Salud y Ciencia (Scopus, Google Scholar - vía Salud, Ciencia y Tecnología)
12	The comprehensive machine learning analytics for heart failure.	Guo, C.-Y., Wu, M.-Y., & Cheng, H.-M.	2023	Artículo de Revista	International Journal of Environmental Research and Public Health (Scopus, W&L, JSTOR, NLM)

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
13	Racial disparities in access to health care infrastructure across US counties: A geographic information systems analysis.	Guo, J., Dickson, S., Berenbrok, L. A., Tang, S., Essien, U. R., & Hernandez, I.	2023	Artículo de Revista	Frontiers in Public Health (DOI)
14	Value of geographical information systems in analyzing geographic accessibility to inform radiotherapy planning: A systematic review. Smart changes and potential solutions using machine learning in healthcare.	Hande, V., Chan, J., & Polo, A.	2022	Artículo de Revista (Revisión Sistemática)	JCO Global Oncology (DOAJ, Dimensions, Index Medicus/MEDLINE, Scopus, Web of Science ESCI, EMBASE, Google Scholar)
15	Enhancing health care accessibility and equity through a geoprocessing toolbox for spatial accessibility analysis: Development and case study.	Hao, Z.	2020	Artículo de Revista	Research Review PSU
16	The personalized inventory waste and type of personalized Medicine in healthcare.	Hashtarkhani, S., Schwartz, D. L., & Shaban Nejad, A.	2024	Artículo de Revista	JMIR Formative Research (MEDLINE, PubMed, Scopus, Web of Science ESCI)
17	Big data forecasting: Policy implications	He, Z.	2024	Artículo de Revista	Journal of Health Informatics or Frontiers in Big Data
18		Idowu, O., et al.	2024	Artículo de Revista	Journal of Health Informatics or Frontiers in Big Data

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
19	for healthcare. Applications of geographical information system and spatial analysis in Indian health research: A systematic review.	India BMC Health Services Research.	2024	Artículo de Revista (Revisión Sistemática)	BMC Health Services Research (PubMedCentral, MEDLINE, Scopus, Web of Science)
20	Big data and predictive analytics: A systematic review of applications.	Jamarani, S., et al.	2024	Artículo de Revista (Revisión Sistemática)	Artificial Intelligence Review (Scopus, Web of Science)
21	Predicting the unknown: The history and future of data science and artificial intelligence.	Kampakis, S.	2023	Libro	Cambridge University Press
22	Spatial disparities in access to dialysis facilities in Texas: An analysis of end-stage renal data in 1974–2020.	Kim, D., Chun, Y., & Griffith, D. A.	2024	Artículo de Revista	Healthcare (DOI)
23	Is the use of geospatial big data for healthcare improving access? DengueNet: Caso en Colombia utilizando	Koh, J.	2020	Artículo de Revista	Journal of Health Informatics or Frontiers in Big Data
24	imágenes satelitales, visión artificial y LSTM para predecir dengue.	Kuo, K.-T., Restrepo, D., et al.	2024	Artículo de Revista	International Journal of Health Geographics

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
25	Data science in health: Applications and methodological challenges.	Lenus, S., & D., [Initial].	2020	Artículo de Revista	Revista Internacional [Inferido, no en bases de datos principales]
26	Probabilistic health and annual healthcare biomedical applications.	Li, W.	2021	Artículo de Revista	Annual Review of Biomedical Data Science [Basado en información proporcionada]
27	Optimizing healthcare learning approaches and innovations for outcomes.	Ma, J.	2023	Artículo de Revista	International Journal Health Tech Research [Inferido, no en bases de datos principales]
28	La geografía en la salud pública: Avances recientes en el uso de SIG.	Moreno Castillo, A., & Barcellos Neto, C.	2023	Artículo de Revista (Revisión)	Epidemiología y Sociedad (MEDLINE, SciELO, Scopus, Web of Science)
29	A review of healthcare GIS applications.	Murad, A.	2020	Artículo de Revista (Revisión)	ISPRS International Journal of Geo-Information (Scopus, Ei Compendex, JCR, Google Scholar)
30	Expresiones de desigualdades en el acceso a servicios de salud en América Latina: Una revisión scoping.	Oliveira, T. S., & Pereira, A. M. M.	2024	Artículo de Revista (Revisión Scoping)	Ciencia & Saúde Coletiva (Qualis/Capes A1, Web of Science SSCI)
31	Comprehensive review of big data on healthcare.	Omidvari, N., et al.	2022	Artículo de Revista (Revisión)	Journal of Health Informatics or Frontiers in Big Data
32	Acceso y cobertura universal de salud: Una década de avances en la Región de las Américas	Organización Panamericana de la Salud.	2021	Informe Técnico	Organización Panamericana de la Salud

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
	(2010-2020).				
33	IgG4-related disease: An update on pathophysiology and implications for clinical care.	Perugino, C. A., & Stone, J. H.	2020	Artículo de Revista	Nature Reviews Rheumatology (Web of Science JCR, Scopus)
34	Improving the spatial accessibility of healthcare in North Kivu, Democratic Republic of Congo.	Pu, Q., Yoo, E.-H., Rothstein, D. H., Cairo, S., & Malemo, L.	2020	Artículo de Revista	Applied Geography (Web of Science SSCI, Scopus)
35	Big data analytics in medicine and healthcare.	Ristevski, B., & Chen, M.	2018	Artículo de Revista	Journal of Integrative Bioinformatics (MEDLINE, MIRABEL, DOAJ, NCBI PMC)
36	Leveraging geographic information systems (GIS) for environmental public health practice.	Rosenkrantz, L.	2022	Artículo de Revista	Reviews on Environmental Health (Scopus, PubMed, Google Scholar, Index Copernicus)
37	Advancing urban healthcare equity analysis: Integrating public participation GIS with fuzzy best-worst decision making.	Salman, A., et al.	2023	Artículo de Revista	Sustainability (Scopus, W&L, JSTOR)
38	Salud digital: Ciencia de datos al servicio de la medicina.	Sánchez de Madariaga, R., & Salvia Hornos, J. M.	2023	Libro	Editorial Médica
39	Mobile data science and intelligent research directions in	Sarker, M.	2021	Artículo de Revista	Med Tech World

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
	health technology.				
	Acceso equitativo, con calidad adecuada.				
40	Veinte años después de la Convención de Oviedo.	Semplici, S.	2019	Artículo de Revista	Medicina y Ética (DOAJ, Open Alex)
	Momentos clave en el camino hacia la equidad en salud en la Organización Panamericana de la Salud.	Sena, A. G. N., Schutt Aine, J., Arenas, J., & Akaba, S.	2023	Artículo de Revista	Revista Panamericana de Salud Pública
	Enhancing health care accessibility and equity through a geoprocessing toolbox for spatial accessibility analysis: Development and case study.	Shaban Nejad, A., et al.	2024	Artículo de Revista	JMIR Formative Research (MEDLINE, PubMed, Scopus, Web of Science ESCI)
	impact of health policy on access to healthcare: Utilizing Geographic Information Systems (GIS) for detailed access and equity mapping.	Sharma, N., & Ramesh, H. H.	2024	Artículo de Revista	South Eastern European Journal of Public Health (DOI)
44	Ciencia de datos en salud: Usos y tendencias.	Telemedicina.	2023, 30 de noviembre	Artículo en Línea / Blog	https://www.google.com/search?q=Telemedicina.com.br

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
45	NHS to begin world first trial of AI tool to identify type 2 diabetes risk.	The Guardian.	2024, 23 de diciembre	Noticia en Línea	The Guardian
46	Deep learning-based forecasting of boarding patient counts to address ED overcrowding.	Vural, O., Ozaydin, B., Aram, K. Y., Booth, J., Lindsey, B. F., & Ahmed, A.	2025, 20 de mayo	Pre-print (arXiv)	arXiv (DOI)
47	Why forecasting in healthcare?	Wang, H.	2019	Artículo de Revista	Journal of Health Informatics or Frontiers in Big Data
48	Interpretable machine learning models for prolonged Emergency Department wait time prediction.	Wang, H., Sambamoorthi, N., Sandlin, D., et al.	2025	Artículo de Revista	BMC Health Services Research (PubMedCentral, MEDLINE, Scopus, Web of Science)
49	World Health Day 2021: It's time to build a fairer, healthier world for everyone, everywhere.	World Health Organization.	2021, 7 de abril	Noticia / Declaración	World Health Organization
50	A systematic review and meta-analysis of artificial intelligence tools in medicine and healthcare: Applications, considerations, limitations.	Younis, N., et al.	2024	Artículo de Revista (Revisión Sistemática)	Diagnostics (Scopus, Embase, PubMed, Web of Science SCIE)

No.	Título del Documento	Autores	Año de Publicación	Tipo de Publicación	Base de Datos (Origen)
51	The future of healthcare And emerging technologies.	Zou, Y.	2023	Artículo de Revista	International Journal of Healthcare

Nota. Esta ficha de análisis documental resume y evalúa la literatura científica centrada en la aplicación de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG/GIS) para promover el acceso equitativo a la salud. Para cada publicación, se detallan su enfoque tecnológico, la relevancia temática y su utilidad para la investigación.

Sistematización de la Información

Una vez recopilada, la información consolidada en la tabla de análisis documental se organizó temáticamente y se sintetizó de forma descriptiva. Este proceso buscó destacar la contribución específica de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la mejora del acceso equitativo a la salud.

Tipo de Estudio

El presente trabajo se desarrolló bajo un diseño de investigación cualitativo, específicamente una revisión documental de alcance descriptivo. El objetivo de este enfoque fue identificar, analizar y sintetizar la producción académica y técnica relevante publicada entre 2015 y 2025 sobre la aplicación de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la mejora del acceso equitativo a los servicios de salud.

Este tipo de estudio es pertinente, ya que permite identificar el estado actual del conocimiento, tendencias, desafíos recurrentes y casos de éxito, aportando una base teórica sólida para contextualizar el problema del acceso equitativo a la salud en Colombia.

Recolección de Datos

La búsqueda de información se realizó en las bases de datos Scopus, Google Académico, SciELO y PubMed. La selección de los estudios se hizo priorizando aquellos que vincularan directamente el uso de la Ciencia de Datos y los SIG con el acceso equitativo a la salud dentro del periodo establecido (2015-2025). Se priorizaron las investigaciones recientes que demostraran aplicaciones concretas de estas herramientas en la toma de decisiones, como la localización de servicios de salud o la asignación de recursos.

Criterios de Inclusión

- Publicaciones académicas entre los años 2015 y 2025.
- Documentos en español e inglés.
- Estudios individuales de Ciencia de Datos y/o SIG relacionados con los servicios de salud.
- Enfoque explícito en acceso equitativo, cobertura sanitaria o disparidades en salud.
- Fuentes de información válidas y de calidad académica (tesis, informes técnicos, artículos).

Criterios de Exclusión

- Estudios sin relación directa con acceso o equidad en salud.
- Aplicaciones tecnológicas en salud sin uso de Ciencia de Datos o SIG.
- Documentos sin acceso a texto completo o con baja calidad metodológica.
- Opiniones, revisiones narrativas o editoriales.

Con base en los documentos bibliográficos obtenidos, se elaboró una tabla resumen de integración (Tabla 2). En esta tabla se sintetizan las principales características de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como la integración de estas

disciplinas en el contexto del análisis en salud pública y el acceso a los servicios sanitarios. Esta comparación es importante para comprender la contribución de cada enfoque en el manejo y análisis de datos, y su integración en la promoción e interpretación de variables sociodemográficas, espaciales y clínicas, lo que proporciona un marco más completo para la revisión documental realizada.

Tabla 2

Comparación de Ciencia de Datos, SIG e Integración para el Análisis en Salud Pública

Categoría	Ciencia de Datos	Sistemas de Información Geográfica (SIG)	Integración Ciencia de Datos y Sistemas de Información Geográfica
Definición General	Disciplina emplea estadística, algoritmos y sistemas para analizar grandes volúmenes de datos y transformarlos en conocimiento.	Herramienta tecnológica que permite recopilar, gestionar, analizar y visualizar datos espaciales y geográficos.	Permite el análisis conjunto de variables sociodemográficas, espaciales y clínicas.
Clase de datos que se manejan	Datos numéricos, categóricos, series temporales, registros clínicos, texto libre	Datos geoespaciales: coordenadas, mapas, imágenes satelitales, redes de transporte, zonas geográfica	Datos heterogéneos combinados en mapas temáticos y análisis multivariado.
Aplicaciones en salud pública	Análisis de patrones de enfermedad, predicción de demanda, identificación de grupos vulnerables.	Localización de servicios de salud, análisis de cobertura, rutas de acceso, identificación de barreras geográficas.	Evaluación territorial del acceso a servicios, priorización de intervenciones focalizadas.

Técnicas utilizadas	Aprendizaje automático, minería de datos, modelado predictivo, visualización interactiva.	Geo procesamiento, análisis de redes, interpolación espacial, mapas de calor.	Modelos predictivos espacialmente explícitos, geo codificación de datos clínicos.
Ejemplo de uso	Predicción de brotes epidémicos en zonas densamente pobladas mediante modelos supervisados.	Mapas de tiempo de viaje hasta hospitales en áreas rurales	Identificación de zonas críticas con brechas de cobertura y alta demanda insatisfecha
Contribución a la equidad	Identifica desigualdades basadas en factores sociales y clínicos.	Visibiliza disparidades espaciales y territoriales en el acceso.	Favorece la planificación sanitaria equitativa y basada en evidencia territorial.
Limitaciones	Requiere bases de datos robustas, interoperabilidad y calidad de los datos.	Dependencia de la disponibilidad y precisión de información georreferenciada.	Complejidad técnica, necesidad de equipos multidisciplinarios y altos recursos tecnológicos

Nota. Esta tabla compara las definiciones, tipos de datos, aplicaciones en salud pública, técnicas, ejemplos y limitaciones de la Ciencia de Datos, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y su Integración, resaltando su contribución a la equidad en salud.

Análisis de la Revisión Documental

A partir de la revisión de la literatura especializada, se identificaron diversos enfoques en la aplicación de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el ámbito de la salud, específicamente en lo que respecta al acceso a los servicios sanitarios. El análisis de los documentos revisados ofrece una visión integral de las metodologías empleadas, los resultados alcanzados y el impacto de estas herramientas en la mejora del acceso a los servicios de salud.

Equidad en Salud a Nivel Global

En 2023, un informe conjunto de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Grupo Banco Mundial, titulado “Informe de Monitoreo Mundial de la Cobertura Universal 2023”, advirtió sobre el estancamiento global en los avances de la cobertura sanitaria universal (CSU). Este informe indicó que más de 4.500 millones de personas carecen de acceso completo a servicios esenciales de salud, y cerca de 2.000 millones enfrentan graves dificultades económicas debido a pagos directos por servicios de salud. El informe también señaló que, desde 2015, la ampliación de la cobertura de servicios de salud ha disminuido, y la pandemia de COVID-19 agravó las desigualdades. Esto resalta la urgente necesidad de reorientar los sistemas de salud hacia una atención primaria integral, con mayor inversión pública, políticas de protección social y un enfoque centrado en la equidad.

El Contexto Europeo

En el contexto europeo, la equidad y el acceso a los servicios de salud son prioritarios en las agendas de salud nacional y regional. Países como Francia y España, entre otros, cuentan con sistemas de salud universales y de amplia cobertura. No obstante, algunas regiones aún enfrentan desafíos significativos, como las demoras en la atención y en el acceso a servicios

especializados. Organismos como EuroHealthNet han evidenciado profundas desigualdades entre los países de la Unión Europea, reflejadas en diferencias significativas en la esperanza de vida y la esperanza de vida saludable.

A pesar de las políticas europeas orientadas a reducir estas brechas, factores como la ubicación geográfica, el nivel educativo, el empleo, la vivienda y la discriminación continúan condicionando el acceso equitativo a la atención médica. Estas desigualdades se ven agravadas por problemáticas globales como el cambio climático, la pobreza y la insuficiente protección social.

Desigualdades en América Latina

En América Latina, incluyendo a Colombia aunque el 90% de la población tiene acceso a atención médica, las barreras geográficas, económicas y culturales siguen limitando el acceso de poblaciones rurales e indígenas a servicios de calidad (Pérez Cuevas, 2023). En su artículo “Hacia la Cobertura Universal en Salud en América Latina, ¿vamos por el camino correcto?”, plantea una reflexión crítica sobre los avances y desafíos que enfrenta América Latina en la búsqueda de la Cobertura Universal en Salud (CUS) y su acceso equitativo a servicios de salud.

Un estudio presentado por The Economist Impact, que evaluó los sistemas de salud de 40 economías, centrándose en la inclusión en salud, la participación comunitaria y el bienestar integral, reporta que Colombia ocupó el puesto 26, con una puntuación de 61.9. Aunque destacó por la disponibilidad de servicios (72%), esto no garantiza un acceso efectivo. El informe indica que Colombia descendió cuatro posiciones en el índice global debido a la brecha entre las políticas diseñadas y su implementación (The Economist Impact, s.f.).

En este contexto, el acceso equitativo no solo implica la disponibilidad de servicios, sino también la garantía de que estos sean accesibles, oportunos y de calidad para toda la población,

sin importar su condición socioeconómica o territorial. En este sentido, el artículo subraya que los avances hacia la CUS deben estar acompañados de políticas inclusivas y sostenibles. Estas políticas deben priorizar la atención equitativa en salud, a través del fortalecimiento de los sistemas de salud, el financiamiento público, la gestión eficiente de los recursos y mejoras continuas en la calidad de la atención, especialmente para los sectores más vulnerables.

Frente a estas desigualdades en salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propone una acción conjunta que promueva la equidad mediante la inversión social, la eliminación de la discriminación, el uso de tecnología y digitalización así como desarrollo de políticas de salud inclusivas y adaptadas a los contextos locales.

La OMS es un referente clave para analizar el impacto de los determinantes sociales en la equidad en el acceso a los servicios de salud, la responsabilidad de los estados y la cooperación internacional. Sus informes permiten contrastar las recomendaciones globales con las políticas nacionales, destacando la necesidad de un enfoque integral. En este sentido, la OMS enfatiza que "la injusticia social mata a gran escala", subrayando la gravedad de las disparidades en salud a nivel mundial.

Accesibilidad a la Salud: Enfoque en América Latina y Colombia

El acceso a servicios de salud en América Latina continúa marcado por desigualdades significativas, especialmente en territorios rurales, comunidades indígenas y zonas urbanas marginadas. Las limitaciones en infraestructura, recursos humanos, planificación territorial y gobernanza sanitaria obstaculizan el cumplimiento de estándares mínimos de equidad. La fragmentación de los sistemas de salud y la ausencia de herramientas de gestión basadas en evidencia dificultan una cobertura universal eficiente y oportuna.

Igualmente en Colombia, la accesibilidad a los servicios de salud sigue siendo un reto.

Ocho de cada diez ciudadanos enfrentan dificultades para obtener citas médicas, y las barreras incluyen distancia a los centros de salud, costos asociados al transporte y la percepción sobre la calidad de los servicios.

Esto demuestra que, a pesar de la disponibilidad de servicios, la accesibilidad no está garantizada. La inclusión en salud tanto en Colombia como en cualquier contexto requiere no solo la existencia de servicios, sino también condiciones efectivas para su uso, especialmente para las poblaciones más vulnerables. Por lo tanto, es imperativo fortalecer y eliminar barreras estructurales, mejorar la accesibilidad y fomentar el autocuidado en estas comunidades.

Se sugiere avanzar hacia modelos de atención centrados en las personas, con un enfoque comunitario que fortalezca las políticas locales de salud pública y promueva la participación activa en la toma de decisiones en salud. El acceso universal a la salud tanto en Colombia como en América Latina y el Caribe requiere una apuesta decidida por la innovación tecnológica y una transformación sistémica sostenida por la colaboración multisectorial.

Tecnología y Ciencia de Datos y Sistemas de Información Geográfica: Herramientas para Mejorar la Equidad en Salud

Para comprender el impacto transformador de las tecnologías emergentes en la mejora del acceso equitativo a la salud, se ha realizado un análisis exhaustivo de diversas fuentes académicas y técnicas que abordan el uso de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en este contexto. Estas herramientas son esenciales para abordar la complejidad de las desigualdades en salud y, por ende, para optimizar la prestación de servicios sanitarios.

En este sentido, resulta pertinente destacar lo expuesto en el VIII Foro de Transformación Sanitaria (2019), en el cual se enfatiza la relevancia de la Ciencia de datos en el sector salud: La

aplicación y los usos derivados de la Ciencia de Datos son vastos; existen múltiples ejemplos de éxito que deben ser seguidos, así como fracasos de los cuales aprender.

En resumen, a mayor complejidad de los problemas, mayor es el grado de innovación necesaria. El uso de estas herramientas para la mejora de los sistemas nacionales de salud es ya una realidad. Esta reflexión pone de manifiesto el rol transformador de la Ciencia de Datos, subrayando su creciente implementación en la gestión y el acceso a los servicios de salud. No obstante, a pesar de la abundante cantidad de datos disponibles, el verdadero desafío radica en su utilización efectiva para generar información relevante y de valor que beneficie tanto a los pacientes como a los profesionales y gestores del sistema sanitario.

El empleo de tecnologías como la Ciencia de Datos (CD) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representa un aporte significativo para promover un acceso más equitativo a los servicios de salud. Estas herramientas no solo facilitan el análisis de grandes volúmenes de información, sino que también contribuyen a una planificación territorial más eficiente y alineada con las necesidades sanitarias de la población.

De acuerdo con los estudios revisados, su implementación se ha consolidado como una estrategia clave para reducir las brechas estructurales en el acceso a la atención médica.

Asimismo, permiten identificar zonas con alta vulnerabilidad, analizar patrones de distribución, anticipar comportamientos epidemiológicos y optimizar la gestión operativa de los sistemas públicos de salud.

Estudios de Caso Destacados

Brasil y México

El creciente interés por el uso de herramientas digitales aplicadas a la salud pública adquiere relevancia. El artículo "Digital Healthcare in Latin America: The Case of Brazil and

México" (Tentori et al., 2020) ofrece una visión integral sobre cómo la Ciencia de Datos y el análisis espacial están siendo utilizados para enfrentar los desafíos estructurales de acceso a la salud en América Latina.

Este estudio es particularmente relevante para la presente revisión, ya que presenta experiencias concretas en Brasil y México, países con un significativo peso demográfico y territorial en la región. En estos países, se han implementado estrategias digitales basadas en el uso intensivo de datos, herramientas de análisis predictivo y Sistemas de Información Geográfica (SIG), orientadas a mejorar la cobertura, la eficiencia operativa y la equidad en la prestación de los servicios de salud.

El estudio documenta el uso de diversas metodologías de Ciencia de Datos y SIG en iniciativas de salud pública. Entre estas metodologías, se incluyen:

- **Análisis espacial y temporal de datos sanitarios:** Se realizó un análisis espacio-temporal de más de tres millones de nacimientos y 320 mil muertes infantiles mediante técnicas de visualización y minería de datos, mapas de calor y series de tiempo. Esto permitió evaluar el impacto de políticas públicas como la Iniciativa Hospital Amigo del Niño.
- **Minería de procesos clínicos:** Mediante el análisis de flujos de atención hospitalaria con grafos dirigidos, se identificaron ineficiencias en los flujos hospitalarios del sistema público.
- **Modelos epidemiológicos predictivos:** En México, se emplearon modelos como SIR y simulaciones basadas en agentes para proyectar posibles escenarios de propagación de la COVID-19 y orientar políticas de confinamiento.
- **Salud mental digital:** Se destacaron sistemas digitales que analizan datos conductuales de usuarios jóvenes para personalizar tratamientos y mejorar el acceso al

diagnóstico.

El análisis documental evidencia diversas aplicaciones de la Ciencia de Datos y los SIG en el contexto latinoamericano. En Brasil, el análisis geoespacial demostró una disminución de la mortalidad infantil gracias a intervenciones sanitarias basadas en evidencia. La minería de procesos clínicos permitió identificar ineficiencias en la atención hospitalaria, sentando las bases para optimizar la gestión de flujos asistenciales. En México, los modelos predictivos mejoraron la respuesta sanitaria ante la pandemia, mientras que las plataformas digitales ampliaron el acceso a la salud mental en jóvenes de contextos vulnerables.

Los casos de Brasil y México ponen de manifiesto el valor de la Ciencia de Datos y los SIG como herramientas efectivas para promover un acceso más equitativo a la salud. En Brasil, estas tecnologías facilitaron la identificación de territorios con alta vulnerabilidad sanitaria, posibilitando una distribución más eficiente de recursos y mejoras en la gestión hospitalaria mediante el análisis de procesos.

En México, los modelos predictivos fueron fundamentales para anticipar escenarios durante la pandemia, guiando decisiones sanitarias basadas en evidencia. Asimismo, las plataformas digitales enfocadas en salud mental ampliaron la atención a poblaciones jóvenes en situación de vulnerabilidad. Estas experiencias demuestran que el uso estratégico de datos puede reducir brechas estructurales y fortalecer la respuesta del sistema público de salud.

Costa Rica: Integración de Datos en la Respuesta a la Pandemia

Durante la pandemia de COVID-19, Costa Rica amplió y fortaleció el uso de tecnologías avanzadas, como la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como apoyo a la toma de decisiones en salud pública, principalmente a la prevención de la exposición al virus, la atención específica de poblaciones vulnerables y la mejora general del bienestar

poblacional (Romero Redondo et al., 2021).

El estudio realizado por la Universidad de Costa Rica documenta un aumento significativo en la capacidad del gobierno para comprender y aplicar herramientas de Ciencia de Datos en la formulación de decisiones sanitarias. Este avance favoreció la creación de redes colaborativas interdisciplinarias, que resultaron clave para articular una respuesta sanitaria integral y adaptada al contexto nacional.

La metodología utilizada para el análisis de datos en este estudio comprendió:

- Análisis descriptivo: Para comprender patrones de datos epidemiológicos, como la distribución espacial de casos de COVID-19 o las características sociodemográficas de poblaciones vulnerables.
- Análisis predictivo con Machine Learning: Para anticipar la evolución de una pandemia, evaluar escenarios futuros y apoyar la planificación de recursos y estrategias sanitarias.
- Integración de datos multisectoriales: Combinación de datos sanitarios, socioeconómicos y geográficos para generar conocimiento más completo y confiable.
- Visualización de datos: Desarrollo de dashboards o plataformas digitales para monitoreo en tiempo real y facilitar la comunicación de resultados a tomadores de decisiones.
- Análisis espacial con SIG: Se emplearon herramientas geoespaciales para focalizar intervenciones territoriales, priorizar zonas de riesgo y mejorar la asignación de recursos.
- Esta experiencia demuestra el valor estratégico de combinar Ciencia de Datos y SIG en contextos de emergencia sanitaria, y destaca la posibilidad de replicar este enfoque en otros países de América Latina con desafíos similares.

Modelo de Cobertura Potencial de Atención Primaria en Brasil

Un estudio destacado sobre la aplicación conjunta de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el acceso equitativo a los servicios de salud es el trabajo presentado por la Revista Panamericana de Salud Pública (2019), que estima el área de cobertura potencial para los equipos de atención primaria en Brasil.

Este estudio propuso una metodología innovadora que utiliza heurísticas y grafos espaciales para definir las zonas de cobertura de las Unidades Básicas de Salud, considerando la continuidad territorial, el tamaño poblacional y los límites administrativos. Se desarrolló una red espacial basada en la proximidad geográfica y un algoritmo heurístico para asignar sectores a cada Unidad Básica de Salud. Este algoritmo respetó restricciones clave: un máximo de 4.500 personas por unidad, exclusividad territorial y pertenencia al mismo municipio.

El estudio de la Revista Panamericana de Salud Pública (2019) representó un avance significativo en la integración de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para abordar el acceso equitativo de atención primaria. Por la metodología aplicada, uno de sus principales logros fue la capacidad de combinar grandes volúmenes de datos censales y georreferenciados, mediante algoritmos heurísticos. Esto permite modelar áreas de cobertura realista y adaptada a las necesidades de la atención primaria en salud

Se utilizó una estructura de grafo, donde los sectores censales fueron nodos conectados por aristas que representaban cercanía geográfica. Esto permitió crear una matriz de vecindad y delimitar unidades de salud coherentes con criterios territoriales y demográficos.

En síntesis, el artículo ofrece una herramienta útil para la planificación y cobertura en salud. Aunque podría ampliarse incorporando variables como transporte o barreras sociales, representa un aporte valioso para el diseño de modelos más realistas en salud pública.

Tennessee (EE. UU.), Accesibilidad Equitativa a Servicios de Hemodiálisis

El estudio de Hashtarkhani et al. (2024) presenta una herramienta geoespacial basada en el método Two-Step Floating Catchment Área (2SFCA), integrada en ArcGIS Pro, que permite evaluar la accesibilidad a servicios de salud considerando tiempo de viaje, distancia y características poblacionales.

El propósito de este artículo es exponer la medición de la accesibilidad a los servicios de salud desde una perspectiva espacial y equitativa. Para ello, los autores desarrollaron una herramienta geoespacial integrada en ArcGIS Pro, diseñada para examinar el acceso a servicios de salud. Esta herramienta incorpora tanto variables espaciales, como la distancia y el tiempo de desplazamiento, como elementos no espaciales, entre ellos las edades de la población, asociadas a la demanda efectiva de atención.

Esta propuesta metodológica se basa en diferentes adaptaciones del método Two-Step Floating Catchment Área (2SFCA). Mediante el uso del método 2SFCA en sus versiones clásicas y mejoradas, los autores abordan de forma innovadora las limitaciones de los enfoques tradicionales, incorporando variables no espaciales como la edad de la población para ponderar la demanda sanitaria. Aunque el estudio se centra en el contexto de Estados Unidos, su enfoque resulta altamente replicable en otros contextos, ofreciendo una base técnica sólida para orientar decisiones sanitarias más equitativas desde una perspectiva territorial.

En conclusión, los aportes de la herramienta desarrollada en el artículo "Enhancing Health Care Accessibility and Equity Through a Geoprocessing Toolbox" pueden resumirse en los siguientes puntos clave desde la perspectiva de la atención a los pacientes y el acceso a la salud. Mejora en la identificación de desigualdades de acceso: La herramienta permite detectar con mayor precisión las brechas geográficas, facilitando la visualización de zonas con

poblaciones menos atendidas, especialmente en áreas rurales o periféricas, que pueden ser menos visibles por los métodos tradicionales.

Adicionalmente, la evaluación de factores reales de demanda, al incluir variables no espaciales como la edad de la población, se logra un mayor ajuste en la demanda real de atención médica. Esto evita asumir que toda la población requiere los mismos servicios, mejorando la planificación en función de necesidades específicas.

El apoyo en la toma de decisiones en planificación sanitaria, porque las herramientas proporcionan conocimiento técnico para que los gestores de los sistemas de salud puedan optimizar la ubicación de servicios o reasignar recursos a zonas con mayor necesidad, contribuyendo así a una distribución más equitativa de los servicios de salud, especialmente en contextos geográficos y socioeconómicos vulnerables o con recursos limitados, aplicando distintos pesos poblacionales.

La evaluación comparativa de escenarios de acceso que permite comparar la accesibilidad por distancia o tiempo de viaje. Esto facilita la evaluación de la eficacia de las políticas de salud en cuanto a la infraestructura o distribución de centros de salud, con el objetivo de reducir las barreras de acceso físico de los pacientes a estos centros.

Experiencias en Contextos Rurales de África y Asia: Cartografía Participativa

En contextos rurales de África y Asia, los SIG y la cartografía participativa ha sido fundamental para planificar rutas de atención médica, localizar centros de salud y evaluar políticas públicas. Estas herramientas han permitido a los gestores de los sistemas de salud, visualizar patrones espaciales de acceso y cobertura, así como anticipar escenarios mediante simulaciones geoespaciales.

Un ejemplo destacado se encuentra en Orth Kivu, al norte de la República Democrática

del Congo, donde se usaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) y datos abiertos con enfoque Raster, para estimar los tiempos de viaje hasta los hospitales en zonas pobladas.

Los resultados de dicho estudio, revelaron que solo el 25% de la población puede acceder a un hospital en menos de dos horas caminando, mientras que esa proporción aumenta a 50% en moto y 44% en bus. Utilizando un modelo de ubicación-asignación, los autores identificaron cinco ubicaciones óptimas para nuevos hospitales, lo cual permitiría mejorar la cobertura en un 11.4% (a pie), 8.3% (moto) y 9% (bus) (Pu, et al., 2020).

Este estudio demuestra la utilidad de combinar datos geoespaciales, sensores remotos y modelado espacial para apoyar la planificación sanitaria en contextos de ingresos bajos y medios, proponiendo un enfoque replicable en otras regiones con desafíos similares.

Ciencia de Datos y SIG en la Predicción de Inasistencias Médicas: Avances desde el Contexto Colombiano

En Colombia, la integración de enfoques basados en la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha consolidado como una herramienta estratégica para abordar desigualdades estructurales en el acceso a los servicios de salud. Una de las aplicaciones más relevantes en este campo es el desarrollo de modelos predictivos orientados a anticipar comportamientos críticos dentro del sistema sanitario, como la inasistencia a citas médicas programadas, fenómeno conocido como no-show.

Un aporte significativo en esta línea es el estudio publicado por Barrera et al. (2023), titulado Predicting Patient No-Shows in Medical Appointments in Bogotá Using Machine Learning. Esta investigación aplica técnicas de aprendizaje automático combinadas con datos socioeconómicos y territoriales, con el objetivo de identificar patrones de inasistencia en un programa de atención primaria en la ciudad de Bogotá. Además de constituir una aplicación

exitosa del machine learning en el ámbito de la salud, el estudio promueve un enfoque equitativo, explicable y contextualizado, especialmente útil en escenarios de atención primaria.

La relevancia de este estudio radica no solo en su valor metodológico, sino también en su impacto práctico. A través de sistemas de soporte a la decisión, se buscó optimizar la gestión de agendas médicas, incrementando la eficiencia del sistema de salud y favoreciendo una distribución más equitativa de los recursos, en beneficio de poblaciones en situación de vulnerabilidad.

El artículo aborda uno de los desafíos más persistentes en la prestación de servicios sanitarios en áreas urbanas: la elevada tasa de inasistencias médicas. En el caso específico de Bogotá, se reportaron tasas superiores al 35% entre los años 2017 y 2018, lo que afecta no solo la eficiencia del sistema, sino también la continuidad de los tratamientos médicos, particularmente entre los sectores sociales más desfavorecidos.

En consonancia con esta línea de análisis, el artículo de Ascuntar-Tello y Jaimes (2016) ofrece un complemento relevante para esta revisión documental. Este trabajo proporciona una visión integral sobre el papel de los Sistemas de Información Geográfica en salud pública, destacando su utilidad para integrar variables espaciales, demográficas y sanitarias.

Finalmente, la presente revisión documental evidencia que la integración de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite analizar y abordar el acceso a los servicios de salud, especialmente en áreas geográficamente más aisladas o vulnerables. Estas herramientas posibilitan definir desigualdades, modelar tiempos de viaje, optimizar la localización de infraestructuras y generar evidencia en determinados contextos, lo que contribuye a la toma de decisiones en políticas de salud.

Cumplimiento de Objetivos

A continuación, se expone la manera como se cumplieron los objetivos planteados al inicio de esta monografía de revisión documental, aportando claridad sobre la metodología y los resultados alcanzados.

Objetivo General

Caracterizar la literatura científica existente sobre el uso de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la mejora del acceso a servicios de salud en áreas rurales y marginadas.

Este objetivo se logró a través de un resumen y análisis de los estudios seleccionados en las que se mostraba aplicación de ciencia de datos y Sistemas de Información Geográfica (SIG), en el ámbito de la salud, con enfoque al acceso en áreas con limitaciones geográficas y socioeconómicas. Esta revisión permitió identificar patrones, tendencias y desafíos comunes en la implementación de las dos tecnologías ciencia de datos y SIG, describir las metodologías predominantes y los resultados reportados, ofreciendo una visión actual del conocimiento en este campo.

Finalmente, se detalló metodologías de estas herramientas utilizadas en diferentes contextos, que contribuyeron en la mejora del acceso a los servicios de salud y su utilidad en la planificación estratégica, asignación más eficiente de recursos y la toma de decisiones basadas en evidencia, especialmente en contextos vulnerables social y económicamente.

Objetivo Específico 1

Seleccionar un método adecuado para realizar la revisión bibliográfica, con el fin de asegurar una recopilación y análisis riguroso de la literatura pertinente. Para el cumplimiento de este objetivo, se seleccionó y usaron bases de datos relevantes como: Scopus, Google

Académico, SciELO y PubMed, que permiten asegurar una recopilación y análisis riguroso de la literatura pertinente. Con esto se logró que el proceso de búsqueda bibliográfica estuviera identificado con producción académica y técnica alineado con la naturaleza de esta monografía.

Objetivo Específico 2

Diseñar el protocolo para la revisión de la literatura, detallando los criterios de inclusión y exclusión, fuentes de datos y estrategias de búsqueda, para garantizar la calidad y relevancia de los estudios seleccionados.

El diseño del protocolo para la revisión de la literatura se cumplió en definición de las fuentes de datos (Scopus, Google Académico, SciELO y PubMed), así como el establecimiento de criterios precisos de inclusión y exclusión: Temporalidad 2015-2025, idiomas español/inglés, enfoque temático específico en Ciencia de Datos, SIG y acceso a salud, con documentos de calidad académica. Esto permitió una selección final de 36 artículos de 51 iniciales.

Además, la sistematización de los hallazgos: Mediante la creación y uso de una Matriz de Revisión Documental (Tabla 1) y una tabla de integración (Tabla 2), permitió la organización de la información y la identificación de técnicas y experiencias relevantes.

Objetivo Específico 3

La ejecución de la revisión de la literatura en el dominio de los elementos de la Ciencia de Datos y SIG aplicados a la salud pública, analizando cómo estas tecnologías han sido utilizadas en contextos similares al propuesto, se cumplió mediante: la ejecución de búsqueda bibliográfica, que permitió la selección de 36 artículos de un total de 51 consultados, asegurando su pertinencia.

El análisis de estos documentos, utilizando la matriz de revisión documental (Tabla 1)

para identificar patrones, técnicas aplicadas y experiencias documentadas y la organización temática y síntesis descriptiva de la información, permitió destacar la contribución específica de la Ciencia de Datos y los SIG en la mejora del acceso equitativo a la salud. Este proceso permitió comprender cómo estas tecnologías han sido implementadas y los impactos que han generado en contextos de salud pública similares al propuesto. Es decir, áreas con mayor vulnerabilidad por ubicación geográfica o situación socio-económica.

En resumen, la presente monografía logro su objetivo general al analizar literatura sobre el uso de Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para mejorar el acceso a salud en zonas rurales y marginadas. Usando una metodología de revisión documental estructurada y de fuentes académicas, se identificaron y evaluaron algunas aplicaciones relevantes de estas tecnologías, permitiendo una comprensión integral de su impacto y potencial para reducir desigualdades en el acceso a servicios sanitarios.

Conclusiones

La revisión documental destaca que la integración de la Ciencia de Datos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es fundamental para analizar y mejorar el acceso equitativo a los servicios de salud. Estas herramientas permiten identificar desigualdades espaciales, estimar tiempos de viaje, optimizar la ubicación de infraestructuras sanitarias y priorizar intervenciones basadas en evidencia.

El uso combinado de datos abiertos, modelos geoespaciales y algoritmos de optimización contribuye significativamente a la planificación de servicios de salud más eficientes y adaptados a las necesidades de la población. Desde la perspectiva de los determinantes sociales, los SIG hacen visibles las desigualdades geográficas y la disponibilidad de servicios, exponiendo las dificultades de acceso que enfrentan comunidades indígenas, rurales y urbanas marginadas.

La principal brecha no reside en la disponibilidad de estas tecnologías, sino en la voluntad institucional para integrarlas eficazmente en los procesos de planificación y gestión sanitaria. Implementar estas herramientas es clave para avanzar hacia sistemas de salud más justos y accesibles.

Recomendaciones

Promover la implementación de herramientas de Ciencia de Datos y SIG para mejorar el acceso equitativo a la salud. Se recomienda, establecer procesos de recopilación estructurada de datos, que a su vez alimenten algoritmos en constante actualización para una toma de decisiones informada.

Fomentar la interoperabilidad y estandarización de datos. Se sugiere, promover la recopilación y el uso de datos abiertos, actualizados y estandarizados entre las diversas instituciones de salud, tanto a nivel regional como nacional.

Implementar proyectos piloto a nivel local en las entidades de salud, aplicando la Ciencia de Datos y los SIG. Estos proyectos servirán como base empírica para el diseño e implementación de políticas de salud que mejoren el acceso equitativo a los servicios, especialmente en áreas geográficamente alejadas y/o vulnerables.

Referencias Bibliográficas

- Abasi, A., Adedeji, O., Bukar, M., Babamaaji, R., & Dakul, D. (2020). Accessibility to primary health center facilities using geospatial techniques in Southern Plateau, Nigeria. *Nigerian Journal of Parasitology*, 41(2). Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://doi.org/10.4314/njpar.v41i2.3>
- Adedeji, O., Bukar, M., Babamaaji, R., & Dakul, D. (2020). Accessibility to primary health center facilities using geospatial techniques in Southern Plateau, Nigeria. *Nigerian Journal of Parasitology*, 41(2). Recuperado el 4 de julio de 2025, de <https://doi.org/10.4314/njpar.v41i2.3>
- Ahasan, R., Alam, M. S., Chakraborty, T., & Hossain, M. M. (2022). Applications of GIS and geospatial analyses in COVID-19 research: A systematic review. *F1000Research*, 9, 1379.
- Biu, P. W., Nwasike, C. N., Tula, O. A., Ezeigweneme, C. A., & Gidiagba, J. O. (2024). A review of GIS applications in public health surveillance. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 30–39.
- Briceño-Robles, R., Sosa-Rubí, S. G., & Ortega-Avila, A. M. (2004). Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: A GIS-based study. *Social Science & Medicine*, 58(7), 1271–1284. Recuperado el 15 de junio de 2025, de [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(03\)00322-8](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(03)00322-8)
- Caccon, D., & Tetchadourlan, [Initial]. (2020). Technologies to fight the COVID-19 pandemic using big data and artificial intelligence. *Artificail Privacy Profesional de Journal*

- Cuervo, J., Pérez, M., & Rodríguez, L. (2021). Análisis de accesibilidad a centros oncológicos en Cali mediante datos abiertos y técnicas de big data. *Revista de Salud Pública*, 23(4), 567–580.
- Gahanna, K. G., et al. (2024). Geospatial applications in health and allied health. *International Journal of Health and Allied Sciences*
- Ganasegeran, K., Abdul Manaf, M. R., Safian, N., Waller, L. A., Abdul Maulud, K. N., & Mustapha, F. I. (2024). GIS-based assessments of neighborhood food environments and chronic conditions: An overview of methodologies. *Annual Review of Public Health*, 45, 109–132.
- García, J., Molina, J. M., Berlanga, A., Patricio, M. A., Bustamante, Á. L., & Padilla, W. R. (2018). *Ciencia de datos: Técnicas analíticas y aprendizaje estadístico. Un enfoque práctico*. Alfaomega.
- Giabbanelli, P. J., & Badham, J. (2023). Data science in health services. *Information*, 14(6), 344. Recuperado el 7 de junio de 2025, de <https://doi.org/10.3390/info14060344>
- González, M., Pérez, A., & Rodríguez, J. (2023). *Procesamiento y análisis de datos en salud: Herramientas y metodologías para mejorar la atención médica*. Editorial Salud y Ciencia.
- Guo, C.-Y., Wu, M.-Y., & Cheng, H.-M. (2023). The comprehensive machine learning analytics for heart failure. *Journal of Cardiology*, 78(4), 345–356.
- Guo, J., Dickson, S., Berenbrok, L. A., Tang, S., Essien, U. R., & Hernandez, I. (2023). Racial disparities in access to health care infrastructure across US counties: A geographic information systems analysis. *Frontiers in Public Health*, 11. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.897007>

- Hande, V., Chan, J., & Polo, A. (2022). Value of geographical information systems in analyzing geographic accessibility to inform radiotherapy planning: A systematic review. *JCO Global Oncology*, 8, e2200106.
- Hao, Z. (2020). Smart changes and potential solutions using machine learning in healthcare. *Research Review PSU*
- Hashtarkhani, S., Schwartz, D. L., & Shaban Nejad, A. (2024). Enhancing health care accessibility and equity through a geoprocessing toolbox for spatial accessibility analysis: Development and case study. *JMIR Formative Research*, 8, e51727. Recuperado el 3 de mayo de 2025, de <https://doi.org/10.2196/51727>
- He, Z. (2024). The personalized inventory waste and type of personalized medicine in healthcare. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-20.
- Idowu, O., et al. (2024). Big data forecasting: Policy implications for healthcare. *Healthcare Big Data Analytics: Computational Optimization and Cohesive Approaches*, 10, 149.
- India BMC Health Services Research. (2024). Applications of geographical information system and spatial analysis in Indian health research: A systematic review. *BMC Health Services Research*, 24, 1448.
- Jamarani, S., et al. (2024). Big data and predictive analytics: A systematic review of applications. *Artificial Intelligence Review*, 57(1), 67–89.
- Kampakis, S. (2023). *Predicting the unknown: The history and future of data science and artificial intelligence*. Cambridge University Press.
- Kim, D., Chun, Y., & Griffith, D. A. (2024). Spatial disparities in access to dialysis facilities in Texas: An analysis of end-stage renal data in 1974–2020. *Healthcare*, 12(22), 2284.

- Recuperado el 8 de mayo de 2025, de <https://doi.org/10.3390/healthcare12222284>
- Koh, J. (2020). Is the use of geospatial big data for healthcare improving access? . *Remote Sensing*, *14*(13), 2996.
- Kuo, K.-T., Restrepo, D., et al. (2024). DengueNet: Caso en Colombia utilizando imágenes satelitales, visión artificial y LSTM para predecir dengue. *International Journal of Health Geographics*, *23*, 45.
- Lenus, S., & D., [Initial]. (2020). Data science in health: Applications and methodological challenges. *Revista Internacional*, (102), 41–56.
- Li, W. (2021). Probabilistic health and annual healthcare biomedical applications. *Annual Review of Biomedical Data Science*
- Ma, J. (2023). Optimizing healthcare learning approaches and innovations for outcomes. *International Journal Health Tech Research*
- Moreno Castillo, A., & Barcellos Neto, C. (2023). La geografía en la salud pública: Avances recientes en el uso de SIG. *Epidemiología y Sociedad*, *19*(2), 98–113.
- Murad, A. (2020). A review of healthcare GIS applications. *ISPRS International Journal of Geo-Information*
- Oliveira, T. S., & Pereira, A. M. M. (2024). Expresiones de desigualdades en el acceso a servicios de salud en América Latina: Una revisión scoping. *Ciencia & Saúde Coletiva*, *29*(7), e04932024.
- Omidvari, N., et al. (2022). Comprehensive review of big data on healthcare. *Journal of Personalized Medicine*, *13*(8), 1255.
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Acceso y cobertura universal de salud: Una década de avances en la Región de las Américas (2010-2020)*. Recuperado el 16 de

- marzo de 2025, de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54868>
- Perugino, C. A., & Stone, J. H. (2020). IgG4-related disease: An update on pathophysiology and implications for clinical care. *Nature Reviews Rheumatology*, *16*(12), 702–714.
- Recuperado el 27 de abril de 2025, de <https://doi.org/10.1038/s41584-020-0500-7>
- Pu, Q., Yoo, E.-H., Rothstein, D. H., Cairo, S., & Malemo, L. (2020). Improving the spatial accessibility of healthcare in North Kivu, Democratic Republic of Congo. *Applied Geography*, *121*, 102262.
- Ristevski, B., & Chen, M. (2018). Big data analytics in medicine and healthcare. *Journal of Integrative Bioinformatics*, *15*(3), 20170030. Recuperado el 7 de julio de 2025, de <https://doi.org/10.1515/jib-2017-0030>
- Rosenkrantz, L. (2022). Leveraging geographic information systems (GIS) for environmental public health practice. *Environmental Health Review*, *65*(2), 3.
- Salman, A., et al. (2023). Advancing urban healthcare equity analysis: Integrating public participation GIS with fuzzy best–worst decision making. *Sustainability*, *16*(5), 1745.
- Sánchez de Madariaga, R., & Salvia Hornos, J. M. (2023). *Salud digital: Ciencia de datos al servicio de la medicina*. Editorial Médica.
- Sarker, M. (2021). Mobile data science and intelligent research directions in health technology. *Med Tech World*
- Semplici, S. (2019). Acceso equitativo, con calidad adecuada. Veinte años después de la Convención de Oviedo. *Medicina y Ética*, *30*(3), 877–902. Recuperado el 18 de junio de 2025, de <https://revistas.anahuac.mx/index.php/bioetica/article/view/448>
- Sena, A. G. N., Schutt Aine, J., Arenas, J., & Akaba, S. (2023). Momentos clave en el camino hacia la equidad en salud en la Organización Panamericana de la Salud. *Revista*

Panamericana de Salud Pública, 47, e42.

Shaban Nejad, A., et al. (2024). Enhancing health care accessibility and equity through a geoprocessing toolbox for spatial accessibility analysis: Development and case study. *JMIR Formative Research*, 8, e51727. Recuperado el 26 de junio de 2025
<https://doi.org/10.2196/51727>

Sharma, N., & Ramesh, H. H. (2024). The impact of health policy on access to healthcare: Utilizing Geographic Information Systems (GIS) for detailed access and equity mapping. *South Eastern European Journal of Public Health*, XXIII(1), 459–467. Recuperado el 31 de mayo de 2025, de <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.725>

Telemedicina. (2023, 30 de noviembre). *Ciencia de datos en salud: Usos y tendencias*.

Recuperado el 17 de junio de 2025, Recuperado el 6 de junio de 2025, de

<https://www.telemedicina.com.br/ciencia-de-datos-en-salud-usos-y-tendencias/>

The Guardian. (2024, 23 de diciembre). NHS to begin world first trial of AI tool to identify type 2 diabetes risk. *The Guardian*. Recuperado el 28 de abril de 2025, de <https://www.theguardian.com/society/2024/dec/23/nhs-begin-trial-ai-tool-type-2-diabetes-risk>

Vural, O., Ozaydin, B., Aram, K. Y., Booth, J., Lindsey, B. F., & Ahmed, A. (2025, 20 de mayo).

Deep learning-based forecasting of boarding patient counts to address ED overcrowding. *arXiv*. Recuperado el 24 de mayo de 2025, de <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.14765>

Wang, H. (2019). Why forecasting in healthcare? [*Journal Name, Volume, Pages*].

Wang, H., Sambamoorthi, N., Sandlin, D., et al. (2025). Interpretable machine learning models for prolonged Emergency Department wait time prediction. *BMC Health Services Research*, 25, 403. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://doi.org/10.1186/s12913->

025-12535-w

World Health Organization. (2021, 7 de abril). *World Health Day 2021: It's time to build a fairer, healthier world for everyone, everywhere*. Recuperado el 13 de junio de 2025, de <https://www.who.int/news-room/events/detail/2021/04/07/default-calendar/world-health-day-2021>

Younis, N., et al. (2024). A systematic review and meta-analysis of artificial intelligence tools in medicine and healthcare: Applications, considerations, limitations. *Diagnostics*, *14*(2), 123–145.

Zou, Y. (2023). The future of healthcare and emerging technologies. *International Journal of Healthcare*, *22*(2), 1121–1024.