



---

**Universidad de Valladolid**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE  
TELECOMUNICACIÓN

**TRABAJO FIN DE GRADO**

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN

Cómo la Inteligencia Artificial puede ayudar a  
prevenir complicaciones de la diabetes tipo II en  
atención primaria

Autor:

**Diego Alonso Moratiel**

Tutor:

**Isabel de la Torre Díez**

Fecha:

**Septiembre 2024**



**TÍTULO** *Cómo la Inteligencia Artificial puede ayudar a prevenir complicaciones de la diabetes tipo II en atención primaria*

**AUTOR** Diego Alonso Moratíel

**TUTOR** Isabel de la Torre Díez

**DEPARTAMENTO** Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática

---

**PRESIDENTE** Salvador Dueñas Carazo

**VOCAL** Beatriz Sainz de Abajo

**SECRETARIO** Isabel de la Torre Díez

**SUPLENTE** Jesús Poza Crespo

**SUPLENTE** Juan Ignacio Arribas

**FECHA**

**CALIFICACIÓN**

# Agradecimientos

Me gustaría agradecer, en primer lugar, a mi tutora Isabel de la Torre Diez por ofrecerme la posibilidad de realizar este trabajo y todo el apoyo y recomendaciones recibidas a lo largo de los meses.

También me gustaría agradecer al doctor y profesor José Pablo Miramontes González por toda la información proporcionada sobre el tratamiento y diagnóstico actual de la diabetes que me ha proporcionado.

También quiero agradecer todo el apoyo recibido durante los años de la carrera y la realización de este trabajo a mi familia, amigos y compañeros. Gracias a su apoyo a lo largo de todos ha sido todo mucho más fácil.

## Resumen

Este trabajo presenta una revisión sistemática sobre la aplicación de la inteligencia artificial (IA) para prevenir complicaciones en pacientes con diabetes tipo 2 en la atención primaria. La diabetes tipo 2 es una enfermedad crónica que, si no se maneja adecuadamente, puede conducir a complicaciones graves, como enfermedades cardiovasculares, neuropatía, nefropatía, y retinopatía. La atención primaria juega un papel crucial en el manejo temprano y continuo de la diabetes para prevenir estas complicaciones.

La revisión se centrará en identificar, analizar y sintetizar estudios que han implementado técnicas de IA utilizando el método PRISMA, como el aprendizaje automático, el procesamiento de lenguaje natural y los sistemas de apoyo a la decisión clínica, en entornos de atención primaria. Se examinará cómo estas tecnologías pueden ayudar en la predicción de riesgos, la personalización de tratamientos, el monitoreo continuo y la intervención temprana. Además de la revisión de diferentes artículos relacionados, se propone y discute una posible oportunidad de investigación futura.

El objetivo es proporcionar una visión integral del estado actual de la IA en la prevención de complicaciones diabéticas, destacando tanto los avances como las limitaciones existentes. Se espera que los hallazgos de esta revisión puedan orientar futuras investigaciones y prácticas clínicas, promoviendo un manejo más efectivo de la diabetes tipo 2 en la atención primaria.

**Palabras clave:** Diabetes, Inteligencia Artificial, PRISMA-ScR, Pacientes, Resultados

## Abstract

This paper presents a systematic review on the application of artificial intelligence (AI) to prevent complications in patients with type 2 diabetes in primary care. Type 2 diabetes is a chronic disease that, if not properly managed, can lead to serious complications such as cardiovascular disease, neuropathy, nephropathy, and retinopathy. Primary care plays a crucial role in the early and continuous management of diabetes to prevent these complications.

The review will focus on identifying, analyzing, and synthesizing studies using the PRISMA protocol, that have implemented AI techniques such as machine learning, natural language processing, and clinical decision support systems in primary care settings. It will examine how these technologies can aid in risk prediction, personalized treatment, continuous monitoring, and early intervention. In addition to reviewing various related articles, a potential future research opportunity is proposed and discussed.

The objective is to provide a comprehensive overview of the current state of AI in the prevention of diabetic complications, highlighting both the advances and existing limitations. It is expected that the findings from this review may guide future research and clinical practices, promoting more effective management of type 2 diabetes in primary care.

**Keywords:** Diabetes, Artificial Intelligence, PRISMA-ScR, Patients, Outcome

# Índice

1. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1 Diabetes.....	11
1.1.1 Contextualización .....	11
1.1.2 Diagnóstico y tratamiento actual de la diabetes .....	12
1.1.3 Datos de incidencia diabetes tipo 2 .....	14
1.2 Inteligencia Artificial.....	17
1.2.1 Contextualización .....	17
1.2.2 Utilización de la IA en la medicina.....	19
1.2.3 IA y la diabetes .....	21
2. METODOLOGÍA.....	23
2.1 PRISMA-ScR .....	24
2.2 Motores de búsqueda .....	26
2.3 Criterio de búsqueda.....	27
2.4 Descripción de las fases.....	27
3. RESULTADOS .....	29
3.1 Diagrama de flujo .....	30
3.2 Categorización de los resultados.....	32
3.3 Lista de los resultados obtenidos .....	34
4. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE .....	46
4.1 Contextualización .....	47
4.2 Relación de los ODS con la IA y la diabetes tipo 2.....	48
5. OPORTUNIDADES PARA INVESTIGACIÓN FUTURA .....	51
5.1 Problemáticas a resolver .....	52
5.2 Propuesta de una posible idea o vía de investigación.....	53
5.2.1 Resolución de la monitorización .....	53
5.2.2 Resolución de la educación .....	54
5.3 Discusión .....	56
5.4 Conclusión .....	57
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN .....	59
6.1 Discusión .....	60
6.2 Conclusiones.....	62
7. BIBLIOGRAFÍA .....	64

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Incremento de la incidencia de la diabetes hasta el año 2045.....	15
Ilustración 2. Flujo representativo del uso de la IA en la medicina.....	18
Ilustración 3. Flujo de información a través de las diferentes fases de una revisión sistemática	25
Ilustración 4. Los 17 objetivos de desarrollo sostenible.....	47
Ilustración 5. Ejemplos de uso de un tensiómetro y un glucómetro.....	53
Ilustración 6. Ejemplo de Interconexión entre un teléfono móvil y un reloj inteligente.....	55

## Índice de figuras

Figura 1. Tasa de fallecidos por 100.000 habitantes en España .....	16
Figura 2. Porcentaje de la población española con diabetes por grupos de edad (2020) .....	16
Figura 3. Número de artículos que incluyen los términos "Artificial Intelligence" y "diabetes" en Google Scholar .....	21
Figura 4. Diagrama de flujo numérico del algoritmo del protocolo PRISMA-ScR.....	31
Figura 5. Número de artículos escogidos publicados en los últimos 5 años.....	32
Figura 6. Categorización de la literatura en grupos según el contenido cubierto.....	34

## Índice de tablas

Tabla 1. Lista de los artículos incluidos en la revisión. ....	45
--	----







# 1. INTRODUCCIÓN



## 1.1 Diabetes

### 1.1.1 Contextualización

La diabetes es una afección crónica que ocurre cuando el cuerpo no puede producir suficiente insulina (1) o no puede usarla de manera efectiva. La insulina es una hormona producida por el páncreas y necesaria para que nuestro cuerpo metabolice la glucosa. Cuando el nivel de glucosa en el cuerpo no se metaboliza correctamente, sigue circulando en la sangre y causa daño a varios tejidos. Los niveles elevados de glucosa en la diabetes están asociados con daños y/o disfunciones a largo plazo, y/o fallos de diferentes órganos, como pueden ser los riñones, los ojos, los nervios, el corazón y los vasos sanguíneos. La causa de la diabetes tipo II (que no es dependiente de insulina), no se conoce con certeza (2). Aunque sí que es conocido que el estilo de vida, la dieta y la genética son factores clave para el desarrollo de la enfermedad.

La diabetes puede ser principalmente de tres tipos: diabetes tipo 1, tipo 2 y gestacional. La diabetes tipo 1 resulta de la falta de producción de insulina y la diabetes tipo 2 resulta del desarrollo de resistencia a la insulina, como resultado de lo cual la insulina producida no puede metabolizar adecuadamente los niveles de azúcar. La diabetes gestacional ocurre en mujeres embarazadas, que desarrollan un nivel alto de glucosa en sangre durante el embarazo y que nunca tuvieron antecedentes previos de ello. Puede ser precedida por el desarrollo de diabetes tipo 2.

Los síntomas que pueden tener los pacientes de la diabetes tipo 2 a menudo son leves y puede llevar bastantes años poder reconocerlos y así diagnosticar la enfermedad. Una rápida detección puede ayudar considerablemente las posibles complicaciones que pueden aparecer. Los síntomas de la diabetes pueden ser (3):

- Sentirse muy sediento
- Necesidad de orinar más frecuente de lo normal
- Visión borrosa
- Sentirse cansado
- Perder peso de manera accidental

El autocontrol de la diabetes es fundamental en el control de la enfermedad, y conlleva cambios en el estilo de vida como la dieta y la actividad física, el monitoreo de la glucosa en sangre y la administración de medicamentos de manera regular. La evidencia ha demostrado los beneficios de la autogestión de la diabetes en el control



metabólico, mejoras en los resultados y reducción del riesgo de mortalidad por todas las causas (4).

La dieta es una parte muy importante en el auto control necesario para poder afrontar la enfermedad de la manera más efectiva posible. Una buena alimentación nos permite lograr y mantener niveles óptimos de glucosa en sangre, lípidos y presión arterial (5). Unos ejemplos de estas dietas beneficiosas pueden ser la dieta mediterránea (6), o una dieta baja en calorías (7).

A mayores de lo anteriormente mencionado, llevar una vida sedentaria constituye un factor de riesgo para la diabetes tipo 2. La actividad física, así como diversas actividades recreativas y laborales, ha demostrado reducir el riesgo, lo cual puede ser por la reducción del tejido adiposo (8). Diversos estudios han podido demostrar que una mayor actividad física mejora la sensibilidad hacia la insulina, perfil de lípidos, mejora de la presión arterial y control glucémico (9). Dichos beneficios pueden durar hasta 72 horas después de realizar la actividad física (10).

Por supuesto, aparte de la dieta y estilo de vida, el monitoreo regular de la glucosa en sangre y la toma de medicamentos son considerados con frecuencia en el ámbito de la educación y el respaldo para el autocontrol de la diabetes (11). La educación para la autogestión de la diabetes tiene como objetivo mejorar la educación en salud relacionada con la diabetes, la autoeficacia y las habilidades de autocontrol en una variedad de contextos y formas para pacientes con diversos antecedentes, experiencias e información clínica. Para mejorar la eficacia, accesibilidad, aceptabilidad y rentabilidad de la educación sobre la diabetes, se puede aplicar una variedad de nuevas e innovadoras tecnologías, las cuales son más efectivas cuando se utilizan en conjunto para lograr un mejor control metabólico y resultados. Un ejemplo de esto es un estudio que se hizo en un centro de atención primaria en Salamanca en el que se combinaba las nuevas tecnologías con el tratamiento convencional de la diabetes tipo 2 (12).

### 1.1.2 Diagnóstico y tratamiento actual de la diabetes

Este apartado correspondiente al diagnóstico y tratamiento ha sido realizado con la ayuda e información proporcionada por el Doctor y profesor de la facultad de medicina de la Universidad de Valladolid, José Pablo Miramontes González.

El diagnóstico de la diabetes, actualmente, se basa en las determinaciones analíticas a través de diferentes análisis que miden parámetros, como es la glucemia elevada, y por otro lado la hemoglobina glicosilada.



El tratamiento consiste en la utilización de fármacos tomados por vía oral o bien con insulina inyectada de manera subcutánea. Además, se utilizan fármacos inyectados que no son insulina. Entre los principales medicamentos orales son:

- **Metformina:** Primera opción para pacientes obesos y no obesos. Aumenta la sensibilidad a la insulina, no causa hipoglucemia ni aumento de peso, y tiene una sólida base de datos de seguridad a largo plazo.
- **Sulfonilureas:** Recomendadas cuando la metformina no es tolerada o está contraindicada. No obstante, estas pueden causar aumento de peso. La gliclazida y la glimepirida presentan un menor riesgo de hipoglucemias graves; la glibenclamida tiene mayor riesgo. Se debe tener precaución en insuficiencia renal leve-moderada.
- **Repaglinida:** Supone una alternativa a las sulfonilureas en pacientes con comidas irregulares o insuficiencia renal. Poco usada actualmente.
- **Pioglitazona:** Mejora el control de la glucemia, pero incrementa el riesgo de insuficiencia cardíaca, fracturas y, posiblemente, cáncer de vejiga. Útil en insuficiencia renal y en pacientes con hígado graso.
- **Inhibidores de la DPP-4:** No son de primera elección, pero se usan después de metformina, combinados con esta, mejorando el control glucémico sin causar hipoglucemia y sin afectar el peso. No disminuyen eventos cardiovasculares, pero pueden utilizarse en insuficiencia renal ajustando la dosis (linagliptina no requiere ajuste).
- **Inhibidores de alfa glucosidasa:** Funcionan a nivel intestinal, pero su uso es limitado debido a su baja potencia en la reducción de glucemia.
- **Análogos del GLP-1 (semaglutida):** Administrados por vía subcutánea y oral, mejoran el control y reducen el peso. Financiados en España para pacientes con IMC mayor de 30.
- **Inhibidores del cotransportador sodio-glucosa tipo 2 (SGLT-2) o gliflozinas:** Populares después de metformina. Aumentan la eliminación de azúcar por el riñón, mejoran la función renal y la insuficiencia cardíaca, comúnmente asociadas a la diabetes.

Además del uso de estos medicamentos, se utiliza la insulina cuando el páncreas ya no responde a tratamientos orales o cuando se necesita un control rápido debido a un mal control de la glucosa. Existen diferentes tipos de insulina:



- **Insulina de acción ultrarrápida:** Incluye insulina lispro, aspart y glulisina. Actúa en 15 minutos, alcanza su pico en 1 hora y dura de 3 a 5 horas. Se inyecta al comenzar a comer o 15 minutos antes.
- **Insulina de acción rápida:** Como la insulina convencional, actúa en 30 minutos, alcanza su pico en 2 a 4 horas y dura de 6 a 8 horas. Se inyecta 30 minutos antes de las comidas.
- **Insulina de acción intermedia:** Como la insulina isofánica (NPH), actúa en 0,5 a 2 horas, alcanza su pico en 4 a 12 horas y dura de 13 a 26 horas. Se inyecta por la mañana o al atardecer.
- **Insulina de acción prolongada:** Incluye insulina glargina, detemir, glargina U-300 y degludec. Actúa durante 20 a 40 horas, proporcionando un efecto sostenido.

En cuanto al seguimiento de los pacientes, depende del grado de control que tengamos. Por ejemplo, un paciente con muy buen control puede ser revisado cada 6 meses sin problema. Sin embargo, si el paciente ya presenta complicaciones o enfermedades de órganos como los riñones, es necesario verlo con mucha más frecuencia para ajustar su tratamiento. Las principales complicaciones de la diabetes son las enfermedades vasculares, que pueden llevar a la pérdida de función renal, infartos, amputaciones o ceguera.

### 1.1.3 Datos de incidencia diabetes tipo 2

Según IDF (Federación Internacional de la Diabetes) (13) en el año 2021 había 540 millones de habitantes en el mundo que padecían la enfermedad de la diabetes siendo que el 10,5% de la población adulta comprendida entre los 20 y 79 años.

Sin embargo, las previsiones son que este número aumente considerablemente en los próximos años llegando hasta los 783 millones de personas en el mundo con diabetes en el año 2045, lo que supone un aumento del 46% con respecto a la cifra del 2021. Cómo se puede ver en la siguiente imagen (Ilustración 1), el incremento de la incidencia se tiene previsto que sea mayor en los países en vías de desarrollo con respecto a los países ya desarrollados. Más del 90% de las personas con diabetes padecen diabetes tipo 2, una condición influenciada por factores socioeconómicos, demográficos, ambientales y genéticos. Los principales contribuyentes al aumento de la diabetes tipo 2 incluyen:

- Urbanización

- Un envejecimiento de la población
- Niveles decrecientes de actividad física
- Un aumento en la prevalencia de sobrepeso y obesidad

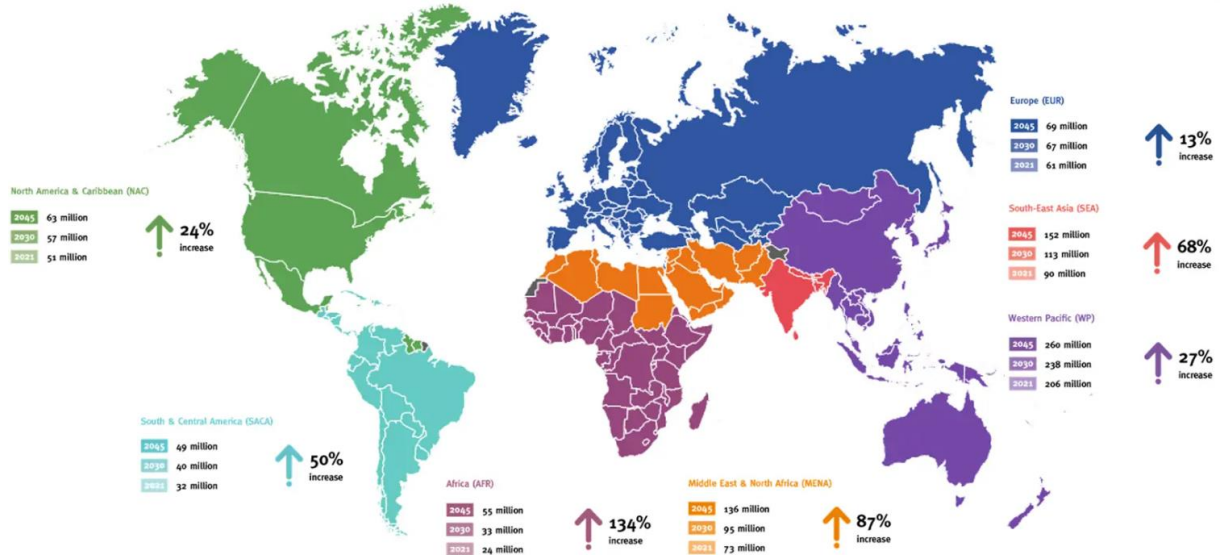


Ilustración 1. Incremento de la incidencia de la diabetes hasta el año 2045. Fuente: (13)

La diabetes tipo 2 es el tipo con más casos en España, con un 96,6% de los pacientes españoles que padecen la diabetes es de este tipo. La proporción de pacientes que tienen diabetes ha ido aumentando de una manera considerable a lo largo de los últimos años pasando de un 4,09% de la población española que sufre la enfermedad en el año 1993, a un 7,51% en el año 2020 datos del ministerio de Sanidad (14). Esto se debe a el empeoramiento de la calidad de alimentación y al estilo de vida de los últimos años.

A pesar de estos datos, se puede ver como desciende el número de fallecidos cada 100.000 habitantes debido a la enfermedad, como se muestra en la gráfica a continuación lo que refleja la gran mejora del tratamiento a pesar de la significativa subida de la incidencia de la enfermedad (Figura 1).



## Cómo la Inteligencia Artificial puede ayudar a prevenir complicaciones de la diabetes tipo II en atención primaria

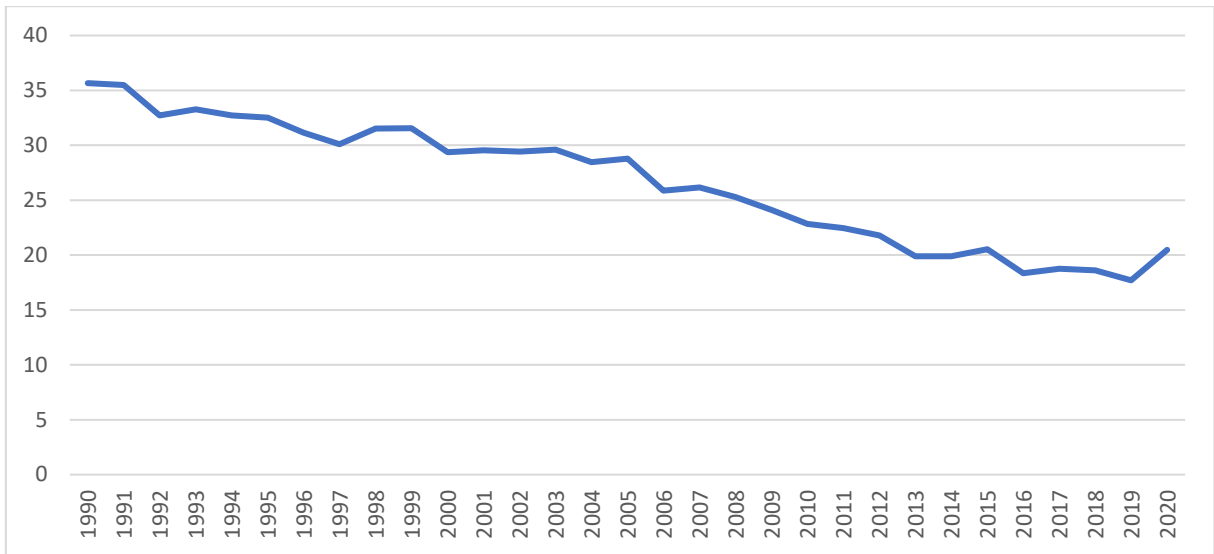


Figura 1. Tasa de fallecidos por 100.000 habitantes en España Fuente: (14)

Otro dato a tener en cuenta es que la distribución entre edades no es equitativa tal y como se muestra en el gráfico inferior (Figura 2).

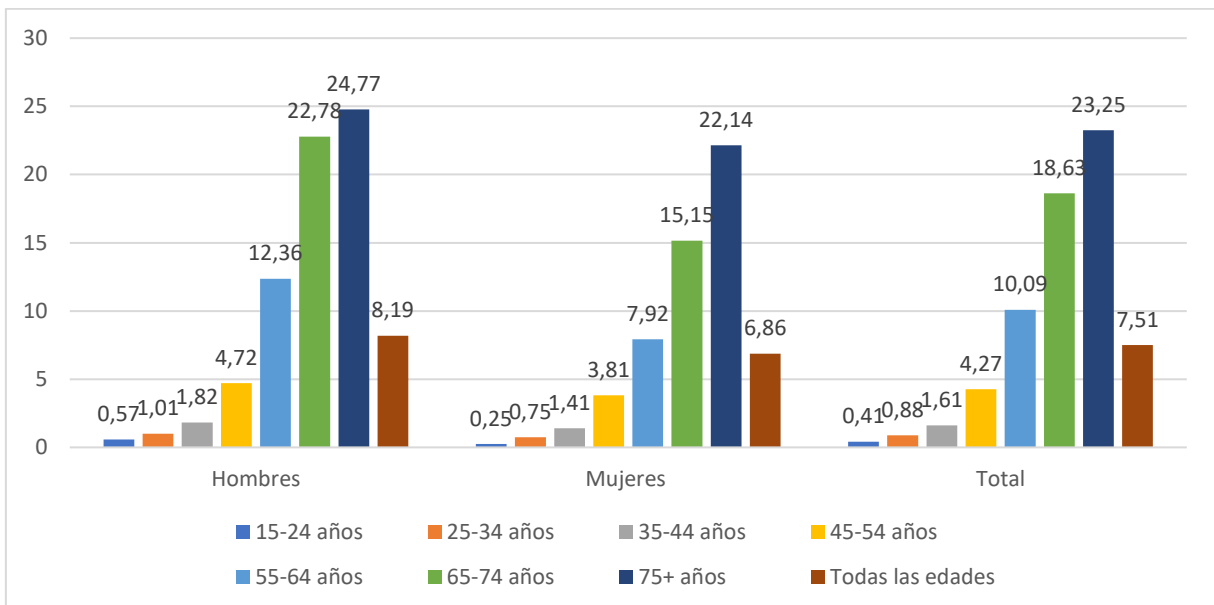


Figura 2. Porcentaje de la población española con diabetes por grupos de edad (2020). Fuente: (14)

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, según aumenta el rango de edad, es más probable que se padezca diabetes. Además, se puede ver cómo los hombres tienen más porcentaje de incidencia en dicho año. Esta particularidad ha ido cambiando con los años, ya que en años anteriores ha sido superior la incidencia en mujeres.





## 1.2 Inteligencia Artificial

### 1.2.1 Contextualización

La inteligencia artificial (IA) es un concepto que no tiene una definición única e inequívoca. La Comisión Europea lo define como un sistema de software (y posiblemente también de hardware) diseñado por humanos que, ante un objetivo complejo, percibe su entorno mediante la adquisición e interpretación de datos estructurados o no estructurados, razona sobre el conocimiento procesando la información derivada de estos datos, y decide las mejores acciones para lograr el objetivo dado en la dimensión física o digital (15). También se refiere a veces como Inteligencia sintética y se define como: “La rama de la ciencia y la ingeniería preocupada por la comprensión computacional de lo que comúnmente se llama comportamiento inteligente y con la creación de artefactos que exhiben dicho comportamiento” (16).

El campo de la investigación en inteligencia artificial fue fundado en una conferencia en el campus del Dartmouth College en 1956. Los asistentes, incluyendo a John McCarthy, Allen Newell, Arthur Samuel y Herbert Simon, se convirtieron en los líderes de la investigación en IA durante muchas décadas. Ellos y sus discípulos compusieron proyectos que asombraron a la gran mayoría de las personas: las computadoras ganaban en juegos de damas, resolvían problemas de palabras en álgebra, demostraban teorías lógicas y hablaban en inglés. El campo se estableció sobre la premisa de que la principal propiedad de los humanos, la inteligencia, puede ser imitada por una máquina. La inteligencia artificial se ha convertido hoy en día en una parte integral de la industria, proporcionando soluciones muy efectivas para muchos de los problemas más difíciles de todos los ámbitos de la vida diaria. El objetivo general de la IA es intentar simular la inteligencia de los seres humanos (17).

Sin embargo, a pesar de referirnos generalmente a la IA en general, se pueden hacer diferentes clasificaciones dentro de esta. Una de ellas es la que propone Johnathan Charles Flowers (18) en el que diferencia entre una IA débil y fuerte. La IA fuerte se refiere a una IA altamente versátil que puede establecer una "conciencia" cercana al pensamiento humano, hacer uso de un programa apropiado y tomar decisiones completas. En contraste con la IA fuerte, la IA débil se refiere al tipo de IA que se especializa en un área específica o realiza una tarea específica y no tiene el tipo de conciencia ni la capacidad para tomar juicios completos como la IA fuerte. Se puede reconocer la IA débil en la tecnología de conducción autónoma y la tecnología de reconocimiento de voz. La tecnología de IA débil solo es débil en nombre, ya que

algunas de sus capacidades de procesamiento ya superan a los seres humanos en muchos campos. Este trabajo se centrará en la IA débil ya que es el tipo que mejor se adapta a nuestras necesidades.

El uso de la IA en el campo de la medicina se puede dividir en 3 etapas o fases (19), tal y como se muestra en la siguiente ilustración (Ilustración 2). Estas fases son: entrada de datos, análisis y salida.

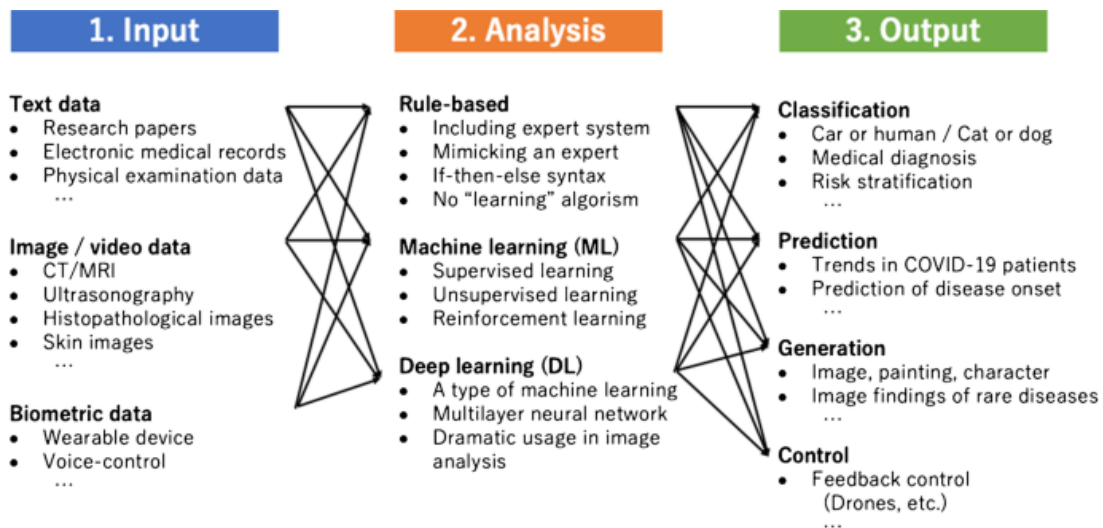


Ilustración 2. Flujo representativo del uso de la IA en la medicina. Fuente: (19)

La inteligencia artificial se incorpora en la parte de análisis como una de las herramientas analíticas. Anteriormente, se utilizaban principalmente algoritmos basados en reglas como sistemas expertos en medicina. Sin embargo, actualmente la IA está liderada por el aprendizaje automático (ML) y el aprendizaje profundo, siendo este último un tipo de aprendizaje automático que ha avanzado significativamente en los últimos 10 años debido al aumento de los recursos computacionales acompañados de la mejora dramática en el rendimiento de las computadoras. Por lo tanto, es importante recordar a qué tipo de IA se está haciendo referencia, ya que la IA de años anteriores se refiere a la IA basada en reglas, mientras que la IA en el campo médico actual a menudo se refiere al aprendizaje automático o al aprendizaje profundo. Dadas estas circunstancias, el término "dispositivos médicos que utilizan IA" se ha especificado recientemente de manera más clara como dispositivos médicos basados en IA/ML. Así, el enfoque principal de utilizar IA en la medicina hoy en día podría ser utilizar ML y el aprendizaje profundo como herramientas analíticas para obtener el resultado deseado. Por ejemplo, si el objetivo es determinar si un paciente tiene gangrena diabética basándose en imágenes de la piel, desarrollaríamos un clasificador utilizando aprendizaje automático



que seleccionaría imágenes/imagen como entrada, aprendizaje profundo como herramienta analítica, y propósito de clasificación y salida.

### 1.2.2 Utilización de la IA en la medicina

La Inteligencia Artificial está revolucionando el campo de la medicina al mejorar la precisión diagnóstica, personalizar los planes de tratamiento y agilizar las tareas administrativas. Una de las aplicaciones más significativas de la IA en la medicina es en el diagnóstico de imágenes. Los algoritmos de IA pueden llegar a analizar imágenes médicas como pueden ser las radiografías, resonancias magnéticas y tomografías con una precisión notable, detectando a menudo anomalías que podrían pasar desapercibidas para los ojos humanos. Un ejemplo de ello, son los sistemas de IA han demostrado ser competentes en la identificación de signos tempranos de enfermedades como el cáncer, lo que permite una intervención oportuna y mejora los resultados para los pacientes. Un ejemplo de este caso práctico es el siguiente estudio en el que se estudia el uso de la inteligencia artificial en la detección de cáncer de pecho (20).

Otra área crucial donde la IA está avanzando es en la personalización de los planes de tratamiento. La IA puede analizar grandes cantidades de datos de pacientes, incluyendo información genética, para recomendar estrategias de tratamiento personalizadas. Este enfoque es particularmente beneficioso en oncología, donde los tratamientos pueden ser optimizados según el perfil genético del tumor de un individuo. La medicina personalizada, impulsada por la IA, promete aumentar la eficacia de los tratamientos, reducir los efectos adversos y mejorar la calidad general del cuidado del paciente. Por ejemplo, en el siguiente artículo en el que se evalúa un modelo proporciona decisiones de tratamiento individualizadas e interpretables clínicamente para la sepsis que podrían mejorar los resultados de los pacientes (21).

La IA también está transformando la gestión de enfermedades crónicas al permitir el monitoreo continuo y el análisis predictivo. Los dispositivos portátiles equipados con IA pueden rastrear signos vitales y otras métricas de salud en tiempo real, alertando a los pacientes y a los proveedores de salud sobre posibles problemas antes de que se vuelvan críticos. Por ejemplo, las aplicaciones de IA pueden analizar datos de monitores de frecuencia cardíaca y detectar signos tempranos de eventos cardíacos, lo que permite intervenciones oportunas (22). Además, los sistemas impulsados por IA pueden monitorear patrones respiratorios en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, prediciendo exacerbaciones y sugiriendo medidas preventivas. Este enfoque



proactivo en la gestión de enfermedades ayuda a reducir las hospitalizaciones y a mejorar la calidad de vida de los pacientes con condiciones crónicas (23).

Además de las aplicaciones clínicas, la IA está agilizando las tareas administrativas dentro de los sistemas de salud. Los algoritmos de procesamiento de lenguaje natural se están utilizando para automatizar el proceso de documentación, reduciendo la carga administrativa para los profesionales de la salud. La IA también puede optimizar la programación, gestionar el flujo de pacientes y mejorar la asignación de recursos dentro de los hospitales. Al encargarse de estas tareas rutinarias, la IA permite a los proveedores de salud centrarse más en la atención al paciente, mejorando así la eficiencia y efectividad general de la prestación de servicios de salud (24).

La IA también está desempeñando un papel crucial en el descubrimiento y desarrollo de medicamentos. Los procesos tradicionales de descubrimiento de fármacos son largos y costosos, y a menudo requieren años y miles de millones de dólares para llevar un nuevo medicamento al mercado. La IA acelera este proceso al analizar grandes conjuntos de datos que pueden ayudar a identificar posibles candidatos a medicamentos, predecir su eficacia y optimizar sus estructuras químicas. Los algoritmos de aprendizaje automático también pueden simular procesos biológicos, permitiendo a los investigadores predecir cómo interactuarán los nuevos medicamentos con el cuerpo y atacar enfermedades específicas de manera más efectiva. Este enfoque rápido y eficiente no solo reduce los costes, sino que también tiene el potencial de llevar tratamientos que salvan vidas a los pacientes más rápidamente (25).

Además, la IA está mejorando el compromiso y la educación de los pacientes. Los asistentes de salud virtuales impulsados por IA pueden proporcionar a los pacientes información de salud personalizada, responder preguntas y ofrecer orientación sobre cómo manejar sus condiciones de salud. Estas herramientas impulsadas por IA están disponibles las 24 horas del día, proporcionando apoyo e información siempre que los pacientes lo necesiten. Además, la IA puede adaptar el contenido educativo a las necesidades individuales de los pacientes, asegurando que reciban información relevante y comprensible. Al empoderar a los pacientes con conocimiento y apoyo continuo, la IA fomenta una mejor gestión de la salud y adherencia a los planes de tratamiento, mejorando en última instancia los resultados de salud. Esto también permitirá que los agentes conversacionales artificiales puedan ahorrarles a los pacientes con preocupaciones de salud menores una visita al médico. Esto podría permitir a los médicos dedicar más tiempo a tratar a los pacientes que más necesitan una consulta.



Un ejemplo de esto se puede ver en el siguiente estudio en el que se comenta la posibilidad de utilizar un *chatbot* pudo proporcionar respuestas a pacientes con cáncer de mama con una satisfacción similar a las respuestas dadas por los médicos (26).

### 1.2.3 IA y la diabetes

En los últimos años, el estado de las investigaciones sobre la Inteligencia Artificial y la diabetes ha experimentado un notable auge. Este crecimiento se puede apreciar claramente en (Figura 3), la cual muestra el número de artículos publicados en ese periodo, los cuales se encuentran indexados en Google Scholar bajo los términos "Inteligencia Artificial" y "diabetes". Al observar la figura, es evidente que el incremento en el número de publicaciones es significativo en los últimos cinco o seis años, pasando de una progresión prácticamente lineal a una exponencial. Este cambio tan marcado se debe al auge del campo de la Inteligencia Artificial desde hace unos años, así como al incremento en la cantidad de información disponible y al mejor rendimiento de las metodologías inteligentes que son capaces de manejar y procesar esta información de manera eficiente. Estas metodologías han demostrado ser cruciales en la gestión y tratamiento de enfermedades complejas, entre las cuales se encuentra la diabetes, mejorando significativamente la eficacia de su manejo y abriendo nuevas posibilidades para su tratamiento y control.

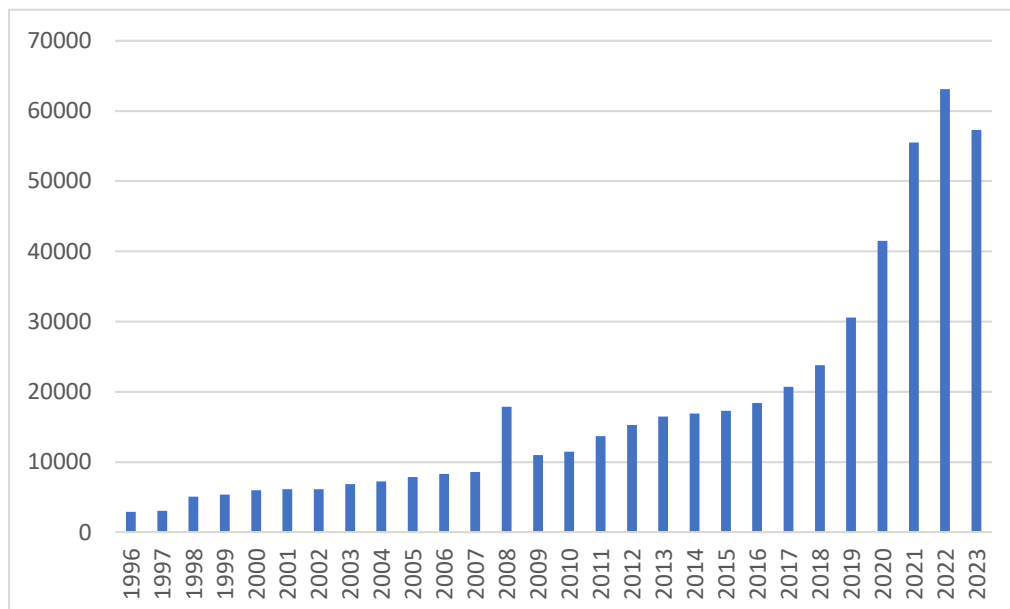


Figura 3. Número de artículos que incluyen los términos "Artificial Intelligence" y "diabetes" en Google Scholar. Fuente: Propia



El avance en la investigación en este ámbito no solo refleja un interés creciente de la comunidad científica, sino también el reconocimiento de las potenciales aplicaciones prácticas de la IA en el campo de la medicina. La capacidad de estas tecnologías para poder analizar un gran volumen de datos y extraer ciertos patrones útiles ha permitido avances importantes en la comprensión y el tratamiento de la diabetes. Este enfoque innovador ha llevado a la creación de herramientas y aplicaciones que pueden predecir episodios de hipoglucemia o hiperglucemia, optimizar la administración de insulina, y proporcionar recomendaciones personalizadas a los pacientes, mejorando así su calidad de vida.

Además, el impulso en la investigación se ve reforzado por la colaboración interdisciplinaria entre expertos en Inteligencia Artificial, médicos, y especialistas en diabetes, lo que ha generado un entorno favorable para el desarrollo de soluciones más efectivas y precisas. Estas colaboraciones han sido fundamentales para traducir los avances teóricos en aplicaciones prácticas que beneficien directamente a los pacientes.

Como se ha observado, al ser tan amplio el campo de la IA y la diabetes así, como el número de artículos disponibles, en este caso nos vamos a enfocar más concretamente a la aplicación de la Inteligencia Artificial en la atención primaria para poder prevenir posibles complicaciones derivadas de la enfermedad.



## 2. METODOLOGÍA



## 2.1 PRISMA-ScR

Debido al alto número de artículos con información que relacionan la diabetes y la inteligencia Artificial disponibles en todo Internet (un total de 1 610 000 resultados en Google Scholar sin ningún tipo de filtro), se ha decidido implementar la metodología PRISMA-ScR.

El protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), fue diseñado con el fin de ayudar a los autores de revisiones sistemáticas a documentar sus hallazgos de la manera más transparente posible, además de ser un intento de estandarizar las revisiones sistemáticas en el campo de la salud.

En el año 1996 para abordar la poca calidad en la presentación de informes de los meta-análisis que había en esa época, un grupo internacional desarrolló una guía llamada Declaración QUOROM (*QUality Of Reporting Of Meta-analyses*), que se centró en la presentación de informes de metaanálisis de ensayos controlados aleatorios. Sin embargo, posteriormente, se cambió el nombre de QUOROM a PRISMA con el objetivo de poder aunar tanto los metaanálisis como las revisiones sistemáticas (27). Además, se van actualizando periódicamente las directrices del protocolo revisando los diferentes criterios que deben tener. La última revisión fue en el año 2020.

PRISMA tiene una serie de requisitos o recomendaciones a la hora de realizar los artículos. Por ejemplo, tiene una serie de lista de objetivos o requerimientos con los que debe contar una revisión sistemática o un meta-análisis. Además, también se indica un diagrama de flujo de 4 fases (Ilustración 3) que indica el número de artículos incluidos en cada fase del proceso.



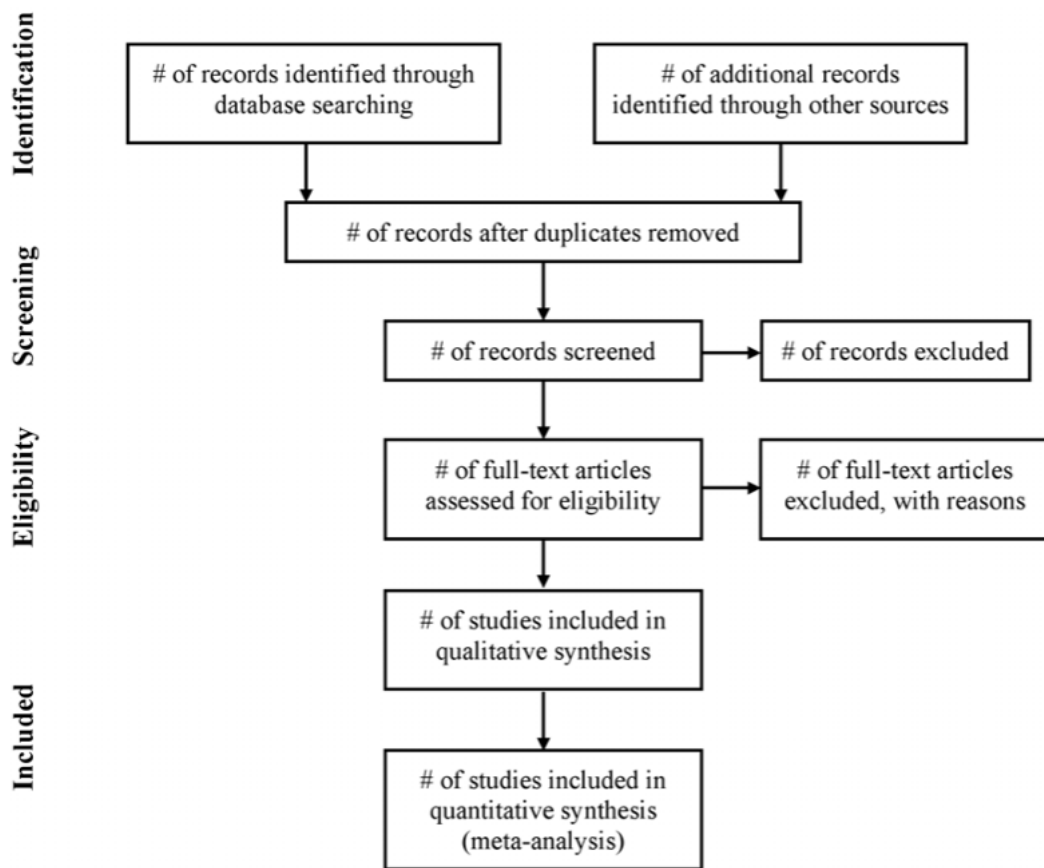


Ilustración 3. Flujo de información de las diferentes fases de una revisión sistemática.  
Fuente: (27)

No obstante, en este trabajo se está utilizando una extensión de PRISMA que se centra en la revisión de alcance. Este tipo de revisiones, examinan la extensión, la variedad y las características de la evidencia que hay sobre un tema o cuestión; determinar el valor de realizar una revisión sistemática; resumir hallazgos de un cuerpo de conocimiento que es heterogéneo en métodos o disciplinas; o identificar brechas en la literatura para ayudar en la planificación y la realización de investigaciones futuras. Debido a la necesidad que existía de establecer un protocolo común y estandarizado para las revisiones de alcance, PRISMA-SCR (*PRISMA for Scoping Reviews*) se desarrolló de acuerdo con la guía publicada por la Red EQUATOR (*Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research*) para el desarrollo de directrices de informe. La Junta de Ética en Investigación del Hospital St. Michael otorgó la aprobación ética para esta investigación el 15 de agosto de 2016 (28).



## 2.2 Motores de búsqueda

Para este propósito se han utilizado los siguientes motores de búsqueda:

- **Google Scholar ([scholar.google.com](https://scholar.google.com))**
- **PubMed ([pubmed.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov))**
- **IEEE Xplorer ([ieeexplore.ieee.org](https://ieeexplore.ieee.org))**
- **Science Direct ([www.sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com))**

El uso de Google Scholar, PubMed, IEEE Xplore y ScienceDirect en la estrategia de búsqueda PRISMA-SCR ofrece una amplia y completa cobertura de la literatura.

Google Scholar es un motor de búsqueda que busca la literatura académica de varios formatos como artículos de revistas, tesis y libros, así como documentos académicos de conferencias y patentes en todas las áreas del conocimiento. Dado su gran alcance, está vinculado a una gran cantidad de literatura, incluidas las últimas novedades en el uso de IA para el tratamiento de la diabetes. Además, las eficientes funciones de búsqueda de palabras clave y búsqueda de autores de Google Scholar hacen que encontrar la literatura objetivo sea un asunto de solo unos minutos.

PubMed es el almacén más grande de información biomédica y de ciencias de la vida del mundo, con millones de artículos de investigación, revisiones y ensayos clínicos disponibles. Es muy útil en términos de acceso a buenos estudios médicos y de salud revisados por pares en la categoría de diabetes tipo 2. Las técnicas avanzadas de indexación disponibles en PubMed y las características avanzadas de los términos de indexación MeSH permiten búsquedas específicas que cubren todo el material de investigación médica relevante.

IEEE Xplore es uno de los más grandes repositorios de trabajos de investigación de tecnología e innovaciones de técnicas que se refieren a la ingeniería y la tecnología, incluida la inteligencia artificial y su aplicación. Por lo tanto, para una investigación que incluya tanto los aspectos tecnológicos de la atención de la diabetes como las técnicas de IA, esta biblioteca digital será indispensable. En el caso de IEEE Xplore, tiene como objetivo hacer que la investigación avanzada, cualitativa y revisada por pares, así como los contenidos de revistas académicas, estén disponibles. Las capacidades de búsqueda avanzada del sitio permiten a las personas acceder a los estudios apropiados orientados a la consulta de inteligencia artificial en particular.



ScienceDirect es una de las mayores colecciones de buenos trabajos de investigación en ciencias, incluidos los de IA en el cuidado de la salud. Proporciona un buen recurso para investigar las perspectivas médicas y técnicas de las aplicaciones de IA en el tratamiento de la diabetes. La búsqueda avanzada y la literatura en evolución en todas las áreas temáticas en ScienceDirect facilitan la recuperación de los estudios de revisión actuales y relevantes. Tal es la gama cubierta que llena el vacío previamente existente en las investigaciones sobre ciencias médicas y tecnológicas y, por lo tanto, permite la revisión a fondo de las aplicaciones de IA en la gestión de la diabetes.

## 2.3 Criterio de búsqueda

En cada una de estas bases de datos se realiza una búsqueda avanzada mediante la combinación adecuada de palabras y/o expresiones, utilizando operadores booleanos como AND y OR. Para llevar a cabo la investigación, especialmente el análisis de “Cómo la Inteligencia Artificial puede ayudar a prevenir complicaciones de la diabetes tipo II en atención primaria”, se ha utilizado la siguiente palabras clave en diversas combinaciones:

***("Machine Learning" OR "Artificial Intelligence" OR "AI") AND "type 2 diabetes" AND "primary care" AND "prevent complications"***

Se ha utilizado esta petición, ya que debido al alto número de resultados que nos ofrecían otras peticiones menos específicas, era mucho más complicado el análisis de los artículos o documentación relacionada con el tema de interés. Además, se cómo se puede ver en la petición superior, se han utilizado diferentes términos para hacer referencia a la Inteligencia Artificial. Esto se debe a que hay diferentes maneras de poder referirnos a ella y, por lo tanto, así se consigue un mayor número de resultados de interés. También se han introducido una serie de criterios en la fecha y es que la fecha de publicación del artículo tiene que ser posterior a 2019, es decir se han cogido artículos publicados entre 2019 y abril de 2024.

## 2.4 Descripción de las fases

Como se ha mencionado anteriormente, se hará uso del protocolo PRISMA-ScR. Este protocolo consta de 4 fases imprescindibles para llevar a cabo un estudio del



estado del arte. Estas fases se aplicarán en todos los sistemas de búsqueda hasta que se finalicen los resultados existentes:

- **Fase de Identificación:** Se descartaron los artículos que, a pesar de incluir las palabras clave y filtros, no abordaban a fondo el tema de investigación. En la primera ronda de descartes, se ordenaron los artículos por relevancia y se revisó el título. Los artículos que no cumplían con el título esperado fueron descartados.
- **Fase de Selección:** Se examinaron los documentos obtenidos en la fase anterior en busca de artículos duplicados. Además, se consultó el resumen de cada documento y se descartaron aquellos que no cumplían con las expectativas.
- **Fase de Elegibilidad:** En esta etapa, se leyó cada artículo individualmente y en su totalidad. Se descartaron los artículos que no ofrecían suficiente información. Se consideraron la opinión del autor/autores y sus conclusiones, así como el número de citas que el artículo había recibido.
- **Fase de Inclusión:** Por último, se incluyeron en esta revisión los artículos que no habían sido descartados en las fases anteriores.



## 3. RESULTADOS



### 3.1 Diagrama de flujo

Primero, se realizó una búsqueda minuciosa en las bases de datos bibliográficas previamente mencionadas, utilizando la combinación de palabras clave relevantes y aplicando los filtros adecuados. Tras esta fase, se identificaron un total de 880 artículos. Sin embargo, debido a la necesidad de querer asegurar cierta relevancia y calidad de la literatura, se implementaron diversos criterios de exclusión. Durante la fase de identificación, se revisaron los títulos de los artículos extraídos, y se decidió descartar 774 resultados que no cumplieran con las expectativas establecidas, ya que sus títulos no tenían una alineación clara con los objetivos de la revisión.

Avanzando a la fase de selección, se examinó el resumen de cada uno de los 106 documentos restantes. Durante este proceso, se consideró si los estudios podrían aportar valor a la revisión. Como resultado de este análisis, se descartaron 71 documentos adicionales, ya que se determinó que no eran potencialmente relevantes o no se alineaban con los objetivos de la investigación.

En la etapa de elegibilidad, se llevó a cabo un análisis más profundo de los 35 artículos que permanecieron después de las etapas anteriores. Durante esta fase, se evaluó la calidad y la suficiencia de la información contenida en estos documentos. Tras una revisión minuciosa, se determinó que 13 de los artículos no aportaban la información necesaria o suficiente para cumplir con los criterios de inclusión, y, por lo tanto, fueron eliminados.

Finalmente, después de aplicar los distintos criterios de selección y exclusión a lo largo del proceso, se incluyeron 22 artículos en esta revisión sistemática. Estos artículos seleccionados representan la base sobre la cual se llevará a cabo el análisis y se extraerán las conclusiones pertinentes para el estudio.

Los resultados obtenidos tras las diferentes fases de la metodología se recogen en la siguiente figura (Figura 4):

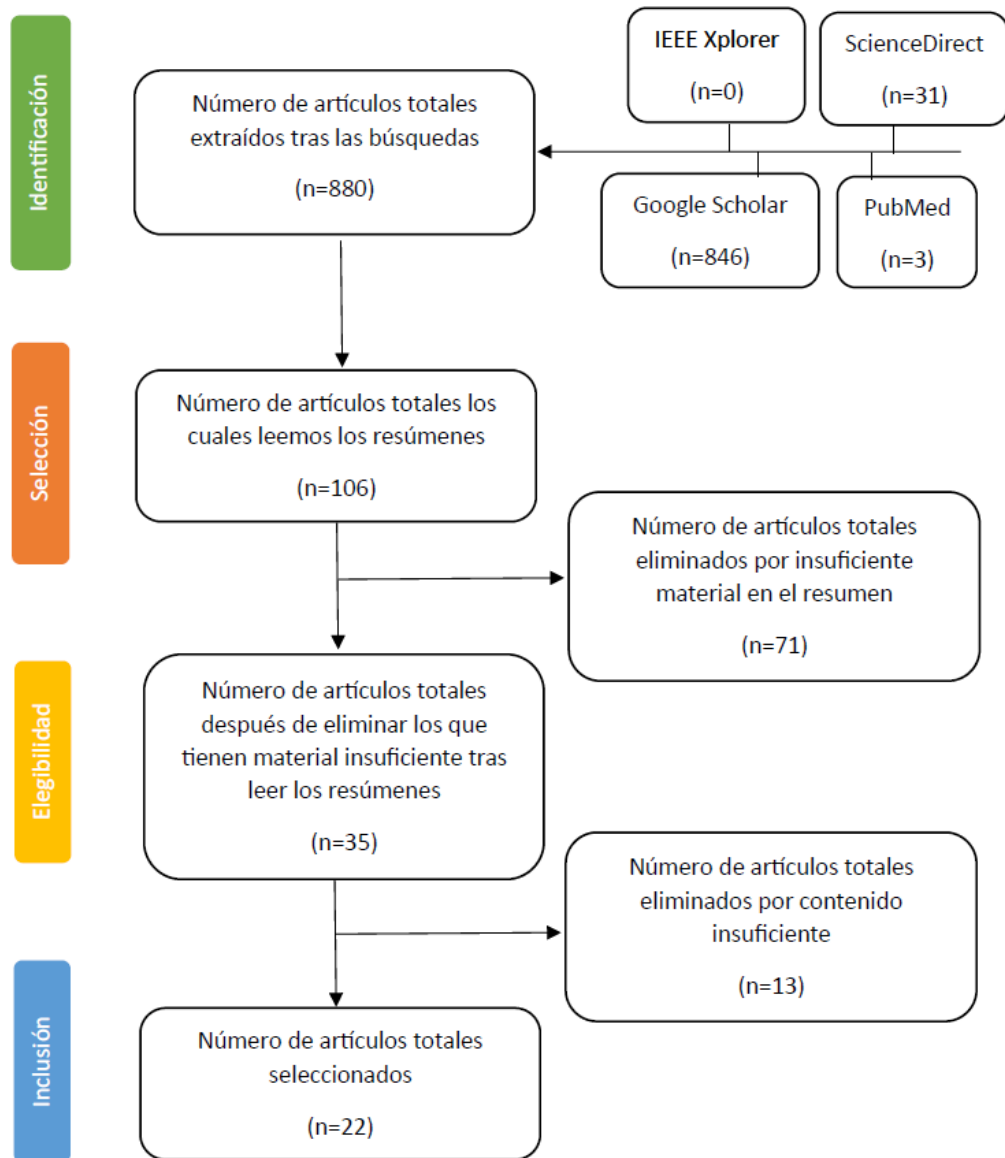


Figura 4. Diagrama de flujo numérico del algoritmo del protocolo PRISMA-ScR. Fuente: Propia

Además, a continuación, se presenta (Figura 5) la distribución del número de estudios encontrados entre el año 2019 y 2024. Como se puede observar en los últimos años se ha encontrado el mayor número de artículos relacionados con el tema de interés. Esto se debe al creciente interés en la materia que ha habido últimamente, como ya se indicó anteriormente.

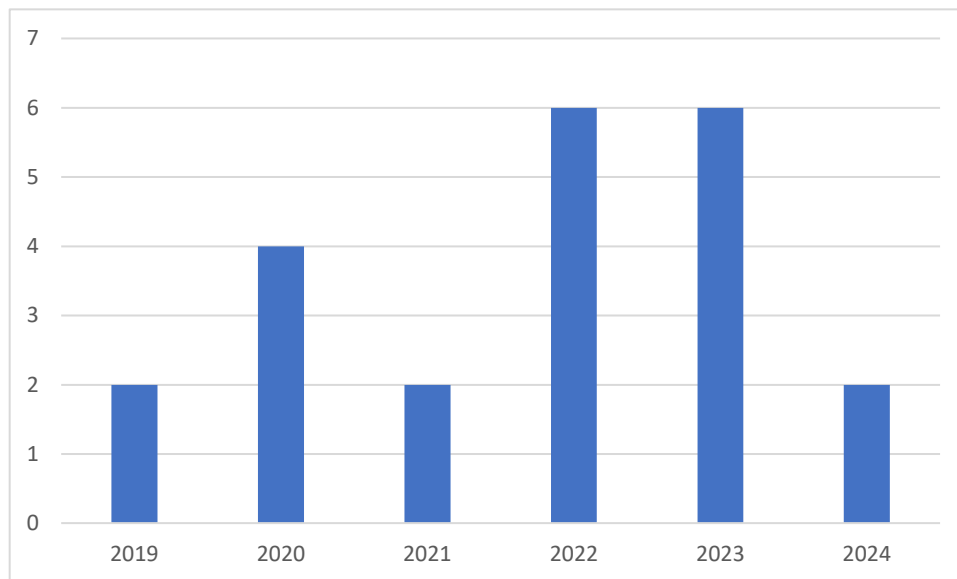


Figura 5. Número de artículos escogidos que han sido publicados en los últimos 5 años.  
Fuente: Propia

### 3.2 Categorización de los resultados

Tras la selección hemos sacado los artículos y se han dividido en diferentes grupos según la temática que abordan:

- **Grupo 1:** Este grupo de artículos corresponden a aquellos que tratan temas como pueden ser el diagnóstico temprano y predicción de la enfermedad, a través de herramientas con inteligencia artificial. Gracias a estos avances podremos detectar la enfermedad a tiempo, evitando posibles complicaciones. En este grupo se encuentran 3 artículos siendo el más numeroso de todos.
- **Grupo 2:** A este grupo pertenecen aquellos artículos que tratan la predicción de la complicación del pie diabético. Gracias a soluciones como las que se presentan, podremos afrontar mejor una complicación como esta.
- **Grupo 3:** En este grupo nos encontramos con artículos relacionados con la correcta administración de la insulina. Este factor es muy importante, ya que una correcta administración de este medicamento nos permite poder afrontar la enfermedad con las mejores garantías posibles.
- **Grupo 4:** El cuarto grupo trata soluciones de inteligencia artificial relacionadas con la retinopatía diabética. Este tipo de soluciones nos





ayudan a predecir la enfermedad cuando todavía está en un estado muy temprano, y así poder afrontarlo con unas mejores garantías y evitar futuras complicaciones.

- **Grupo 5:** En este grupo se encuentran aquellos artículos que tratan tanto la predicción como la administración de una posible enfermedad renal relacionada con la diabetes tipo 2. Las diferentes soluciones que se proponen nos ayudan a poder evitar complicaciones renales consecuencia de la diabetes.
- **Grupo 6:** Es en este grupo es donde nos encontramos las soluciones referentes a las aplicaciones móviles o plataformas que educan a los pacientes sobre la enfermedad y los riesgos que supone. Además, este tipo de alternativas animan a los pacientes a la realizar un cambio en el estilo de vida. Este tipo de alternativas mejoran el estilo de vida del paciente y disminuyen así las posibles complicaciones que puedan aparecer.
- **Grupo 7:** Este séptimo grupo de artículos trata temas relacionados con la predicción y administración de la fibrilación auricular. Esta complicación cardiaca se puede desarrollar en pacientes que tengan diabetes tipo 2 y un diagnóstico a tiempo y preciso puede mejorar la previsión del paciente a futuro.
- **Grupo 8:** En este grupo se encuentra un artículo que revisa todo lo referente a la administración de la enfermedad utilizando la inteligencia artificial. Además, se discuten los futuros desafíos que se afrontarán en el futuro en este campo.
- **Grupo 9:** Este último grupo se encuentra un artículo que se centra en el diagnóstico de la neuropatía periférica. Esta afección se puede dar de manera frecuente entre los pacientes de diabetes tipo 2, por lo que un diagnóstico preciso y de calidad puede ser clave a la hora de poder tener el mejor tratamiento posible.

A continuación, se muestra un gráfico que muestra la distribución de los diferentes grupos en el total de artículos seleccionados (Figura 6).

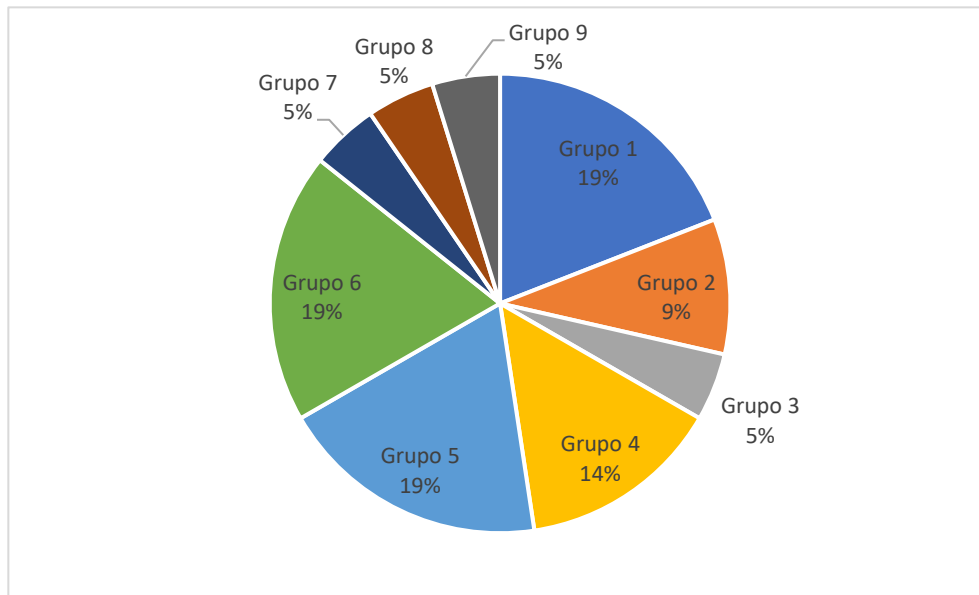


Figura 6. Categorización de la literatura en grupos según el contenido cubierto. Fuente: Propia

### 3.3 Lista de los resultados obtenidos

La siguiente tabla [Tabla 1] presenta una lista de los diferentes artículos incluyendo el título y fecha de los artículos, autores, descripción y categoría al que pertenece:

Título y fecha	Autor(es)	Descripción	Categoría
<b>Panoramic tongue imaging and deep convolutional machine learning model for diabetes diagnosis in humans (29)</b> <b>Enero 2022</b>	Saritha Balasubramaniyan, Vijay Jeyakumar, Deepa Subramaniam Nachimuthu	El estudio aborda un nuevo método para diagnosticar la diabetes basado en la Medicina Tradicional China, analizando imágenes panorámicas de la lengua con técnicas de redes neuronales profundas. El modelo propuesto, demostró ser más efectivo que los modelos existentes al ser evaluado con	Diagnóstico temprano y predicción



		diversas métricas de rendimiento.	
<b>Predicting long-term type 2 diabetes with support vector machine using oral glucose tolerance test (30)</b> <b>Diciembre 2019</b>	Hasan T. Abbas, Lejla Alic, Madhav Erraguntla, Jim X. Ji, Muhammad Abdul-Ghani, Qammer H. Abbasi, Marwa K. Qaraqe	El estudio presenta una herramienta automatizada que predice el desarrollo de la diabetes tipo 2 utilizando aprendizaje automático basado en pruebas de tolerancia a la glucosa. El modelo mostró una alta precisión en la predicción de la diabetes.	Diagnóstico temprano y predicción
<b>An ensemble Machine Learning approach for predicting Type-II diabetes mellitus based on lifestyle indicators (31)</b> <b>Noviembre 2022</b>	Shahid Mohammad Ganie, Majid Bashir Malik	El estudio presenta un nuevo marco basado en aprendizaje en conjunto para predecir tempranamente la diabetes tipo 2 usando indicadores de estilo de vida. Se emplean diferentes técnicas. La técnica de árbol de decisión con Bagging mostró el mejor rendimiento. El marco propuesto puede aplicarse en la industria de la salud para la predicción temprana de diabetes y en otros conjuntos de datos similares.	Diagnóstico temprano y predicción



<b>Competitive neural layer-based method to identify people with high risk for diabetic foot (32)</b> <b>Mayo 2020</b>	Ana Cláudia Barbosa, Honório Ferreira, Danton Diego Ferreira, Henrique Ceretta Oliveira, Igor Carvalho de Resende, André Anjos, Maria Helena Baena de Moraes Lopes	El estudio utiliza una técnica de aprendizaje no supervisado para identificar automáticamente a pacientes con diabetes mellitus que tienen alto riesgo de desarrollar pie diabético. El método, permite una evaluación automática del riesgo sin necesidad de exámenes clínicos, basándose únicamente en cuestionarios. Los resultados demuestran una alta precisión en la identificación de pacientes de alto riesgo.	Predicción de pie diabético
<b>Application of machine learning in affordable and accessible insulin management for type 1 and 2 diabetes: A comprehensive review (33)</b> <b>Abril 2024</b>	Maryam Eghbali-Zarch, Sara Masoud	Este artículo revisa la aplicación del aprendizaje automático en la gestión de la insulina para pacientes con diabetes. La revisión abarca diferentes aspectos como el cálculo de dosis, predicción de glucosa en sangre, entre otras muchas. El estudio también identifica limitaciones actuales y sugiere direcciones para futuras investigaciones.	Administración de la insulina



		El objetivo es desarrollar prácticas de gestión de insulina más efectivas y económicas, y guiar el desarrollo de soluciones innovadoras para mejorar el tratamiento de los pacientes.	
<p><b>An overview of artificial intelligence in diabetic retinopathy and other ocular diseases (34)</b></p> <p><b>Octubre 2022</b></p>	<p>Bin Sheng, Xiaosi Chen, Tingyao Li, Tianxing Ma, Yang, Lei Bi, Xinyuan Zhang</p>	<p>En este estudio se analiza cómo la inteligencia artificial está revolucionando la oftalmología, aplicándose con éxito en el diagnóstico de enfermedades oculares como glaucoma, cataratas, degeneración macular y retinopatía diabética. Modelos de aprendizaje profundo, han demostrado un rendimiento similar al de expertos humanos en la clasificación de estas enfermedades, utilizando imágenes oculares. El estudio explora los avances y desafíos futuros de la IA en este campo.</p>	<p>Retinopatía diabética</p>
<p><b>Risk Prediction and Management of Chronic Kidney</b></p>	<p>Ying-Guat Ooi, Tharsini Sarvanandan,</p>	<p>Las personas con diabetes tipo 2 tienen un mayor riesgo de enfermedad renal</p>	<p>Predicción y administración de enfermedad renal</p>



<p><b>Disease in People Living with Type 2 Diabetes Mellitus (35)</b> <b>Enero 2024</b></p>	<p>Nicholas Ken Yoong Hee, Quan-Hziung Lim, Sharmila S. Paramasivam, Jeyakantha Ratnasingam, Shireene R. Vethakkan, Soo-Kun Lim, Lee-Ling Lim</p>	<p>crónica. Las ecuaciones de riesgo de insuficiencia renal son herramientas efectivas para identificar y gestionar a pacientes en riesgo de progresión a enfermedad renal terminal, mejorando la planificación de recursos y reduciendo complicaciones. El artículo revisa la evidencia sobre las ecuaciones y sugiere futuras investigaciones para evaluar su impacto en diferentes poblaciones y sistemas de salud.</p>	
<p><b>mHealth app using machine learning to increase physical activity in diabetes and depression: clinical trial protocol for the DIAMANTE Study (36)</b> <b>Julio 2023</b></p>	<p>Adrian Aguilera, Caroline A Figueroa, Rosa Hernandez-Ramos, Urmimala Sarkar, Anupama Cemballi, Laura Gomez-Pathak, Jose Miramontes, Elad Yom-Tov, Bibhas Chakraborty, Xiaoxi Yan,</p>	<p>Este estudio analiza como la depresión y la diabetes, comunes en minorías de bajos ingresos, suelen tratarse por separado a pesar de su alta coexistencia. Aumentar la actividad física puede mejorar tanto los síntomas depresivos como el control glucémico. Las aplicaciones de autogestión, aunque efectivas, a menudo no</p>	<p>Educación de los pacientes.</p>



	Jing Xu, Arghavan Modiri, Jai Aggarwal, Joseph Jay Williams, Courtney R Lyles	alcanzan a las poblaciones vulnerables. Personalizar estas intervenciones con aprendizaje automático podría mejorar su efectividad.	
<b>Retinal image-based artificial intelligence in detecting and predicting kidney diseases: Current advances and future perspectives (37)</b> <b>Marzo 2023</b>	Jingyi Wen, Dong Liu, Qianni Wu, Lanqin Zhao, Wai Cheng lao, Haotian Lin	En este artículo se discute cómo la inteligencia artificial con el uso de imágenes retinianas, una herramienta no invasiva, pueden detectar enfermedades sistémicas como la enfermedad renal, hipertensión y diabetes tipo 2. Este artículo explora cómo la IA está mejorando el cribado y la predicción de enfermedades renales mediante imágenes de la retina y discute oportunidades y desafíos futuros en esta área.	Retinopatía diabética
<b>Prediction of chronic kidney disease progression using recurrent neural network and electronic</b>	Yitan Zhu, Dehua Bi, Milda Saunders, Yuan Ji	Este estudio presenta un modelo de red neuronal recurrente para predecir la progresión de la enfermedad renal crónica, una complicación muy	Predicción y administración de enfermedad renal



<b>health records</b> (38) <b>Diciembre 2023</b>		común en pacientes con diabetes, utilizando registros de salud electrónicos. El modelo, que analiza datos de pruebas de función renal y otras variables clínicas a lo largo del tiempo, supera en precisión a métodos tradicionales y demuestra ser una herramienta eficaz para evaluar el riesgo clínico en pacientes con enfermedad renal crónica.	
<b>Developing learning health systems in the UK: Priorities for action</b> (39) <b>Noviembre 2022</b>	Tom Hardie, Tim Horton, Nell Thornton-Lee, Joe Home, Penny Pereira	El informe describe un caso de estudio del proyecto RADAR en el Reino Unido, donde se utilizó una plataforma digital con inteligencia artificial para predecir el riesgo individual de complicaciones como la pérdida de la vista o enfermedades cardíacas. Esta plataforma permite a los usuarios ver su nivel de riesgo, compararlo con el de la población y comprender cómo los cambios en el estilo de	Educación de los pacientes.





		vida pueden reducir ese riesgo.	
<b>Role of Artificial Intelligence in Atrial Fibrillation Management: A Comprehensive Review (40)</b> <b>Noviembre 2023</b>	Behzad Fahimi, Somayeh Beikmohammadi, Parsa Rostami	Esta revisión explora el papel en evolución de la inteligencia artificial en el manejo de la fibrilación auricular, una de las complicaciones que pueden aparecer con la diabetes. Tiene un enfoque en sus posibles aplicaciones en el diagnóstico, predicción de riesgos, selección de tratamientos y monitoreo de pacientes.	Predicción y administración de la fibrilación auricular
<b>Artificial intelligence in diabetes management: Advancements, opportunities, and challenges (41)</b> <b>Octubre 2023</b>	Zhouyu Guan, Huating Li, Ruhan Liu, Chun Cai, Yuxing Liu, Jiajia Li, Xiangning Wang, Shan Huang, Liang Wu, Dan Liu, Shujie Yu, Zheyuan Wang, Jia Shu, Xuhong Hou, Xiaokang Yang, Weiping Jia, Bin Sheng	Esta revisión se enfoca en el progreso reciente en la aplicación de la inteligencia artificial en el manejo de la diabetes y luego discute las oportunidades y desafíos de la aplicación de la inteligencia artificial en la práctica clínica.	Administración de la diabetes



<p><b>Predicting complications of diabetes mellitus using advanced machine learning algorithms (42)</b></p> <p><b>Septiembre 2020</b></p>	<p>Branimir Ljubic, Ameen Abdel Hai, Marija Stanojevic, Wilson Diaz, Daniel Polimac, Martin Pavlovski, Zoran Obradovic</p>	<p>El objetivo de este artículo es predecir si los pacientes con diabetes tipo 2 desarrollarían 10 complicaciones seleccionadas. Para ello se utilizan diferentes métodos relacionados que utilizan inteligencia artificial y se comparan los datos obtenidos entre ellos para así, obtener el más preciso.</p>	<p>Diagnóstico temprano y predicción</p>
<p><b>Deep learning algorithm predicts diabetic retinopathy progression in individual patients (43)</b></p> <p><b>Diciembre 2020</b></p>	<p>Filippo Arcadu, Fethallah Benmansour, Jeff Willis, Zdenka Haskova, Marco Prunotto</p>	<p>Este artículo, describe un algoritmo para predecir la progresión de la retinopatía diabética mediante aprendizaje profundo, utilizando como entrada fotografías de fondo de ojo en color adquiridas en una sola visita de un paciente con retinopatía diabética.</p>	<p>Retinopatía diabética</p>
<p><b>Machine Learning Approaches Reveal Metabolic Signatures of Incident Chronic Kidney Disease in Individuals with Prediabetes</b></p>	<p>Jialing Huang, Cornelia Huth, Marcela Covic, Martina Troll, Jonathan Adam, Sven Zukunft, Cornelia Prehn, Li Wang, Jana Nano, Markus F. Scheerer, Susanne Neschen,</p>	<p>En este artículo se quiere identificar y evaluar biomarcadores y el mejor conjunto de predictores de la enfermedad renal crónica, derivada de complicaciones de la diabetes tipo 2, mediante técnicas de <i>Machine Learning</i>.</p>	<p>Predicción y administración de enfermedad renal</p>



<p><b>and Type 2 Diabetes (44)</b> <b>Octubre 2020</b></p>	<p>Gabi Kastenmüller, Karsten Suhre, Michael Laxy, Freimut Schliess, Christian Gieger, Jerzy Adamski, Martin Hrabe de Angelis, Annette Peters, Rui Wang-Sattler</p>		
<p><b>A Novel Machine Learning Approach for Severity Classification of Diabetic Foot Complications Using Thermogram Images (45)</b> <b>Junio 2022</b></p>	<p>Amith Khandakar, Muhammad E. H. Chowdhury, Mamun Bin Ibne Reaz, Sawal Hamid Md Ali, Serkan Kiranyaz, Tawsifur Rahman, Moajjem Hossain Chowdhury, Mohamed Arselene Ayari, Rashad Alfkey, Ahmad Ashrif A. Bakar, Rayaz A. Malik, Anwarul Hasan</p>	<p>En este estudio se utiliza un conjunto de datos termográficos diabéticos etiquetados y se aplica la técnica de agrupamiento k-medias para agrupar el riesgo de gravedad de las úlceras en el pie diabético utilizando un enfoque no supervisado.</p>	<p>Predicción de pie diabético</p>
<p><b>Digital health interventions for diabetes self-management: Harnessing technology for</b></p>	<p>Mohamed Shafeeq, Zeeshan Khan</p>	<p>Este artículo de investigación explora el impacto de las intervenciones de salud digital en el autocontrol de la diabetes y su potencial para mejorar</p>	<p>Educación de los pacientes.</p>



<p><b>improved outcomes (46)</b> <b>Febrero 2023</b></p>		<p>los resultados de los pacientes. Revisamos diversas herramientas y tecnologías digitales, y presentamos evidencia de estudios clínicos para demostrar su efectividad.</p>	
<p><b>Artificial intelligence utilising corneal confocal microscopy for the diagnosis of peripheral neuropathy in diabetes mellitus and prediabetes (47)</b> <b>Noviembre 2021</b></p>	<p>Frank G. Preston, Yanda Meng, Jamie Burgess, Maryam Ferdousi, Shazli Azmi, Ioannis N. Petropoulos, Stephen Kaye, Rayaz A. Malik, Yalin Zheng, Uazman Alam</p>	<p>Este artículo tiene como objetivo desarrollar un algoritmo de aprendizaje profundo basado en inteligencia artificial aplicando métodos de atribución sin segmentación de imagen a imágenes de microscopía confocal corneal y clasificar con precisión la neuropatía periférica (o su ausencia).</p>	<p>Diagnóstico de neuropatía periférica</p>
<p><b>Validation of a Virtual Assistant for Improving Medication Adherence in Patients with Comorbid Type 2 Diabetes Mellitus and Depressive Disorder (48)</b> <b>Noviembre 2021</b></p>	<p>Surya Roca, María Luisa Lozano, José García, Álvaro Alesanco</p>	<p>Este estudio validó un asistente virtual de salud en plataformas de mensajería para mejorar la adherencia a la medicación en pacientes con diabetes tipo 2 y trastorno depresivo. El 69% de los pacientes manifestó querer seguir usando el asistente después del estudio.</p>	<p>Educación de los pacientes.</p>



<p><b>Artificial intelligence predicts the progression of diabetic kidney disease using big data machine learning (49)</b> <b>Agosto 2019</b></p>	<p>Masaki Makino, Ryo Yoshimoto, Masaki Ono, Toshinari Itoko, Takayuki Katsuki, Akira Koseki, Michiharu Kudo, Kyoichi Haida, Jun Kuroda, Ryosuke Yanagiya, Eiichi Saitoh, Kiyotaka Hoshinaga, Yukio Yuzawa, Atsushi Suzuki</p>	<p>Este estudio construyó un modelo predictivo para enfermedades renales diabéticas usando inteligencia artificial, basado en los registros médicos electrónicos de 64,059 pacientes. Este modelo de IA podría mejorar la detección de la progresión de la enfermedad y contribuir a intervenciones más efectivas para reducir la necesidad de hemodiálisis.</p>	<p>Predicción y administración de enfermedad renal</p>
<p><b>Smart home health monitoring system for predicting type 2 diabetes and hypertension (50)</b> <b>Marzo 2022</b></p>	<p>Saiteja Prasad Chatrati, Gahangir Hossain, Ayush Goyal, Anupama Bhan, Sayantan Bhattacharya, Devottam Gaurav, Sanju Mishra Tiwari</p>	<p>El sistema propuesto permite monitorear en casa la presión arterial y los niveles de glucosa de pacientes con diabetes e hipertensión, notificando a los médicos si hay anomalías. Utiliza <i>Machine Learning</i>, para predecir estas condiciones y cuenta con una interfaz fácil de usar para enviar alertas y notificaciones en tiempo real.</p>	<p>Administración de la diabetes</p>

Tabla 1. Lista de los artículos incluidos en la revisión.



## **4. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



## 4.1 Contextualización

El 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción diseñado para beneficiar a las personas, el planeta y la prosperidad, con el propósito adicional de fomentar la paz global y garantizar el acceso a la justicia.

Los Estados miembros de la ONU aprobaron una resolución que identifica la erradicación de la pobreza como el mayor desafío actual, subrayando que, sin su eliminación, el desarrollo sostenible no es posible. La Agenda presenta 17 Objetivos (Ilustración 4) con 169 metas que son integradas e indivisibles, abarcando ámbitos económicos, sociales y ambientales. Además de aspirar a erradicar la pobreza a nivel global, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) persiguen metas como eliminar el hambre y alcanzar la seguridad alimentaria, garantizar una vida saludable y una educación de calidad, promover la igualdad de género, asegurar el acceso al agua y la energía, adoptar medidas urgentes contra el cambio climático, y fomentar la paz y la justicia.

Esta nueva estrategia guiará los programas de desarrollo global durante los próximos 15 años. Con su adopción, los Estados se comprometieron a movilizar los recursos necesarios para su consecución, enfocándose en las necesidades de las personas más necesitadas y vulnerables a través de alianzas estratégicas (51).



Ilustración 4. Los 17 objetivos de desarrollo sostenible. Fuente: (51)



## 4.2 Relación de los ODS con la IA y la diabetes tipo 2

Cuando se quiere ver la relación existente entre los ODS y la Agenda 2030 en el contexto de la Inteligencia Artificial aplicada a la diabetes tipo 2, se debe considerar cómo la tecnología puede contribuir a lograr metas globales de desarrollo sostenible, especialmente en áreas relacionadas con la salud y el bienestar.

### Objetivos de Desarrollo Sostenible relevantes

#### ODS 3: Salud y Bienestar

- **Meta 3.4:** Disminuir en un tercio la mortalidad prematura causada por enfermedades no transmisibles a través de la prevención, el tratamiento y la promoción de la salud mental y el bienestar.
- **Meta 3.8:** Lograr una cobertura sanitaria universal, que comprenda la protección contra riesgos financieros, el acceso a servicios de salud esenciales de calidad, y la disponibilidad de medicamentos y vacunas seguros, eficaces, asequibles y de calidad para todos.

#### ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

- **Meta 9.5:** Incrementar la investigación científica y fortalecer la capacidad tecnológica de los sectores industriales en todos los países, especialmente en aquellos en desarrollo.

#### ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos

- **Meta 17.6:** Mejorar la cooperación regional e internacional en ciencia, tecnología e innovación y el acceso a la información y conocimiento.

### Aplicaciones de la IA en la diabetes tipo 2 y su contribución a los ODS

#### 1. Detección y Diagnóstico Temprano

- La IA puede analizar grandes cantidades de datos de salud (incluyendo registros médicos electrónicos y datos de sensores de monitoreo continuo de glucosa) para identificar patrones y poder prevenir la aparición de diabetes tipo 2.
- Contribución a la **Meta 3.4:** Diagnósticos más tempranos pueden permitir intervenciones rápidas, reduciendo la mortalidad prematura por diabetes y sus complicaciones.





## 2. Gestión Personalizada de la Salud

- Gracias a determinados algoritmos de IA pueden personalizar planes de tratamiento y gestión de la diabetes, optimizando la dieta, ejercicio y medicación para cada paciente de manera individual.
- Contribución a la **Meta 3.8**: Mejora la cobertura de salud al proporcionar planes de tratamiento personalizados y de alta calidad.

## 3. Monitorización y Seguimiento Continuo

- Dispositivos portátiles y aplicaciones móviles basados en IA pueden monitorizar continuamente los niveles de glucosa y otros parámetros de salud, alertando a los pacientes y médicos de la atención sanitaria sobre anomalías y permitiendo intervenciones inmediatas.
- Contribución a la **Meta 3.4**: Reducen las complicaciones al permitir una gestión proactiva de la enfermedad.

## 4. Investigación y Desarrollo

- La IA puede acelerar el descubrimiento de nuevos tratamientos y medicamentos mediante la simulación y análisis de grandes volúmenes de datos clínicos y genómicos.
- Contribución a la **Meta 9.5**: Fomenta la innovación y mejora la capacidad tecnológica en el sector sanitario.

## 5. Educación y Conciencia

- Sistemas de IA pueden proporcionar educación continua a los pacientes sobre la diabetes tipo 2, ayudándoles a comprender mejor su condición y cómo gestionarla efectivamente.
- Contribución a la **Meta 3.4**: Mejora el bienestar mediante la educación y empoderamiento del paciente.

## 6. Cooperación Internacional

- El desarrollo de soluciones de IA para la diabetes tipo 2 puede implicar la colaboración entre investigadores, instituciones de salud y empresas tecnológicas a nivel mundial. Esta cooperación será muy beneficiosa para las futuras líneas de investigación en innovación.



- Contribución a la **Meta 17.6**: Fomenta alianzas globales en ciencia, tecnología e innovación.

### **Desafíos y Consideraciones Éticas**

- **Acceso y Equidad**: Asegurar que las tecnologías de IA sean accesibles para todos, incluidos los grupos vulnerables y los países en desarrollo.
- **Privacidad y Seguridad de Datos**: Garantizar que los datos de salud utilizados y generados por sistemas de IA estén protegidos y se utilicen de manera ética.
- **Transparencia y Explicabilidad**: Desarrollar algoritmos de IA que sean transparentes y cuyos resultados puedan ser explicados de manera comprensible para los usuarios y profesionales de la salud.



# 5. OPORTUNIDADES PARA INVESTIGACIÓN FUTURA



## 5.1 Problemáticas a resolver

La prevención de complicaciones en la atención primaria relacionadas con la diabetes es un proceso complejo que depende en gran medida de la colaboración activa y el compromiso de los pacientes. La monitorización de los parámetros de salud, como los niveles de glucosa en sangre, presión arterial y otros indicadores vitales, es esencial para evaluar el estado de salud del paciente. Sin embargo, estos controles generalmente requieren que los pacientes acudan al centro de salud para someterse a las pruebas pertinentes, como análisis de sangre y exámenes físicos. Una vez obtenidos los resultados, es necesario que un profesional de la salud los interprete adecuadamente para proporcionar un diagnóstico preciso y recomendaciones de tratamiento. Esta interacción entre pacientes y profesionales de la salud es crucial para identificar de manera temprana cualquier complicación y ajustar el tratamiento de manera oportuna.

Por otro lado, los pacientes que son recién diagnosticados con diabetes a menudo enfrentan un desafío significativo en cuanto a la educación sobre su enfermedad. Es fundamental que comprendan la naturaleza crónica de la diabetes y la importancia de adoptar cambios en su estilo de vida para manejar eficazmente la enfermedad. Esto puede incluir modificaciones en la dieta, la incorporación de ejercicio regular, y el establecimiento de una rutina de monitoreo de glucosa en casa. Sin embargo, estos ajustes en la vida cotidiana pueden ser difíciles de implementar, especialmente al principio, ya que requieren un esfuerzo consciente y constante para romper con hábitos establecidos. A pesar de estas dificultades iniciales, la adopción de estas prácticas saludables es crucial para mejorar el control de la enfermedad y prevenir complicaciones a largo plazo, como enfermedades cardiovasculares, posible daño renal o neuropatía. Por lo tanto, la educación continua y el apoyo de los profesionales de la salud, junto con el esfuerzo personal de los pacientes, son elementos clave para manejar con éxito la diabetes y mantener una buena calidad de vida.

Este conjunto de problemáticas se ha abordado en diferentes estudios que se incluyen en este trabajo. Sin embargo, se ha considerado que tal vez falta una plataforma que aúne estas dos problemáticas como son la educación de los pacientes y la monitorización de los pacientes haciendo uso por supuesto de la Inteligencia Artificial para la mejora de las condiciones de los pacientes y las posibles complicaciones.

## 5.2 Propuesta de una posible idea o vía de investigación

Por lo tanto, se considera que puede ser una buena oportunidad desarrollar una plataforma que pueda juntar y solucionar todas estas problemáticas, integrando tanto las medidas que se puedan tomar de manera telemática desde la casa de los pacientes, así como poder realizar recomendaciones personalizadas a los pacientes según sus necesidades particulares.

### 5.2.1 Resolución de la monitorización

El problema de la monitorización de los pacientes, particularmente aquellos con condiciones crónicas como la hipertensión y la diabetes, es un desafío significativo en el ámbito de la salud. Este problema puede ser abordado de manera eficaz siguiendo un enfoque similar al utilizado en el estudio previamente mencionado (50). La propuesta que se expone aquí se basa en la integración de dispositivos médicos como un tensiómetro y un glucómetro, los cuales permiten obtener mediciones críticas de la presión arterial y los niveles de glucosa en sangre del paciente, respectivamente (Ilustración 5).



*Ilustración 5. Ejemplos de uso de un tensiómetro y un glucómetro.*

Estos dispositivos, al realizar una serie de mediciones, generan datos esenciales que pueden ser procesados utilizando técnicas avanzadas de *Machine Learning*. Específicamente, se propone el uso de un algoritmo de clasificación de máquinas de vectores de soporte para analizar y clasificar estos datos. El objetivo principal de este análisis es predecir de manera precisa la probabilidad de que el paciente desarrolle o ya esté sufriendo de condiciones como la hipertensión o la diabetes.



El algoritmo de máquinas de vectores de soporte es particularmente adecuado para este tipo de tareas debido a su capacidad para manejar conjuntos de datos complejos y multidimensionales, donde las relaciones entre las variables pueden ser no lineales y difíciles de discernir mediante métodos tradicionales. Al entrenar el algoritmo con un conjunto de datos amplio y bien etiquetado, se logra que este sea capaz de identificar patrones en los datos que están correlacionados con estas enfermedades crónicas.

Una vez que el algoritmo ha procesado los datos y ha realizado las predicciones pertinentes, los resultados se transmiten de manera inmediata y automática al doctor encargado del paciente. Esta notificación oportuna permite al médico tomar decisiones informadas sobre el tratamiento o intervención necesarios, mejorando así la calidad del cuidado que se brinda al paciente. De este modo, se establece un sistema de monitoreo continuo que no solo ayuda en la detección temprana de problemas de salud, sino que también facilita una gestión más eficiente y personalizada de las condiciones crónicas, optimizando tanto los recursos médicos como la atención al paciente.

### 5.2.2 Resolución de la educación

En cuanto a la problemática de la educación de los pacientes, especialmente aquellos que padecen enfermedades crónicas como la hipertensión y la diabetes, esta puede ser abordada de manera efectiva aprovechando los datos obtenidos durante la monitorización continua. El uso inteligente de estos datos no solo proporciona una visión detallada del estado de salud del paciente, sino que también abre la puerta a la oferta de recomendaciones mucho más personalizadas y ajustadas a las necesidades específicas de cada individuo, particularmente en las etapas más tempranas de la enfermedad.

El tratamiento en las fases iniciales de estas enfermedades es de suma importancia, ya que es en este periodo cuando la introducción de hábitos saludables tiene un mayor impacto en la evolución de la enfermedad. La rápida adopción de cambios en la dieta, el ejercicio físico y otros aspectos del estilo de vida puede ser crucial para prevenir complicaciones futuras y mejorar la calidad de vida a largo plazo. Por tanto, ofrecer recomendaciones personalizadas desde el principio puede facilitar la adopción de estos hábitos, mejorando la adherencia al tratamiento y, en última instancia, los resultados de salud del paciente.

Estas recomendaciones personalizadas pueden abarcar una amplia gama de aspectos, desde consejos dietéticos específicos, adaptados a las mediciones continuas

de glucosa y presión arterial, hasta recomendaciones sobre la cantidad y tipo de actividad física que el paciente debería realizar. Además, se pueden enviar recordatorios al paciente sobre la necesidad de realizar ciertas mediciones o tomar medicamentos, asegurando que se mantengan en control las variables críticas de su condición.

Para maximizar la efectividad de estas recomendaciones y recordatorios, es crucial que lleguen al paciente a través de vías accesibles y de uso diario. Entre las opciones más efectivas se encuentran las notificaciones enviadas directamente al teléfono móvil del paciente, así como avisos a dispositivos como relojes inteligentes (Ilustración 6). El uso de relojes inteligentes presenta una ventaja significativa, ya que estos dispositivos están siempre en contacto con el paciente, lo que garantiza que las notificaciones sean vistas de inmediato. Esto puede ser particularmente útil en situaciones donde es necesario un seguimiento constante y una respuesta rápida.



*Ilustración 6. Ejemplo de Interconexión entre un teléfono móvil y un reloj inteligente.*

Además de estas notificaciones, la integración de aplicaciones móviles puede ofrecer funcionalidades adicionales que mejoren la experiencia del paciente. Por ejemplo, se podría implementar un chatbot dentro de la aplicación, que actúe como un asistente virtual para responder preguntas comunes que puedan surgir sobre la enfermedad, similar a lo que se ha implementado en estudios relacionados con el cáncer de mama [46]. Este chatbot podría ayudar a aclarar dudas básicas, proporcionando una capa adicional de soporte que reduce la necesidad de consultas médicas innecesarias, y alivia así la carga sobre los profesionales de la salud.

No obstante, es fundamental subrayar que este tipo de asistencia digital debe considerarse únicamente como una herramienta complementaria para la educación y



apoyo del paciente. Las recomendaciones proporcionadas por el chatbot o la aplicación nunca deben sustituir el consejo médico profesional. Todas las decisiones importantes sobre el tratamiento y la gestión de la enfermedad deben estar guiadas por un médico o un profesional de la salud cualificado, quien es el único capacitado para ofrecer un diagnóstico y plan de tratamiento basado en el conocimiento clínico y en la situación específica del paciente.

### 5.3 Discusión

La propuesta de utilizar soluciones tecnológicas para la gestión de enfermedades crónicas como la diabetes representa un avance significativo en el campo de la salud. La idea de implementar plataformas digitales que aprovechen dispositivos cotidianos, como teléfonos móviles y relojes inteligentes, con la intención de mejorar el control y monitoreo de la salud de los pacientes. Este enfoque tiene el potencial de transformar la manera en que se administran las enfermedades crónicas, ofreciendo una herramienta accesible y menos intrusiva que se integra de forma natural en la vida diaria de los pacientes. El uso de estos dispositivos no solo facilita el monitoreo constante de los niveles de glucosa y otros indicadores de salud, sino que también permite a los pacientes gestionar su condición de manera proactiva, lo que es crucial para prevenir complicaciones graves.

Un aspecto particularmente relevante es la capacidad de estas tecnologías para llegar a áreas remotas o de difícil acceso. En regiones donde la infraestructura sanitaria es limitada, la posibilidad de realizar un seguimiento a distancia mediante una simple conexión a Internet puede significar una mejora considerable en la calidad de vida de los pacientes. La implementación de estas herramientas digitales permite un apoyo continuo, brindando la posibilidad de recibir recomendaciones en tiempo real y ajustar tratamientos sin la necesidad de acudir a un centro médico. Esto es especialmente valioso en comunidades rurales o aisladas, donde la atención médica presencial puede ser escasa o inexistente.

Sin embargo, junto con los beneficios, surgen también desafíos que no deben ser subestimados. Uno de los obstáculos más significativos es el rechazo inicial que pueden experimentar algunos pacientes hacia estas nuevas tecnologías. La obligación de realizar mediciones constantes y recibir notificaciones frecuentes puede ser percibida como una invasión a su rutina diaria, generando estrés y resistencia al uso de estas





herramientas. Esta sensación de sobrecarga podría llevar a que algunos pacientes eviten utilizar la tecnología de manera correcta, o incluso la abandonen por completo, lo que afectaría negativamente su salud.

Es fundamental que la implementación de estas soluciones se realice de una manera que minimice la percepción de imposición. Las herramientas deben integrarse de forma orgánica en la vida cotidiana del paciente, y las notificaciones y recomendaciones deben diseñarse con un enfoque sensible y personalizado. Esto implica un equilibrio entre la frecuencia de las alertas y su relevancia, asegurando que los pacientes vean estas intervenciones como un apoyo y no como una fuente adicional de estrés. Además, la personalización de las alertas según las necesidades y preferencias individuales puede ayudar a aumentar la aceptación y el uso efectivo de la tecnología.

La educación y el apoyo son también elementos clave durante la transición a estas nuevas herramientas. Es crucial que los pacientes comprendan los beneficios de un monitoreo constante y cómo este puede impactar positivamente en su salud a largo plazo. Un periodo de adaptación, en el que los pacientes se familiaricen con la tecnología y aprendan a utilizarla de manera eficaz, puede ser muy útil para mitigar el rechazo inicial. Este enfoque gradual permite que los pacientes se sientan más cómodos con las nuevas herramientas, incrementando así la probabilidad de una adopción exitosa.

## 5.4 Conclusión

En resumen, la propuesta de utilizar soluciones tecnológicas para la gestión de la diabetes ofrece un gran potencial para mejorar la calidad de vida de los pacientes, especialmente aquellos que viven en áreas remotas o con acceso limitado a servicios de salud. Al aprovechar dispositivos que ya forman parte de la vida cotidiana, estas herramientas permiten un monitoreo continuo y menos intrusivo, lo que es esencial para la administración efectiva de enfermedades crónicas. Sin embargo, la implementación exitosa de estas tecnologías depende en gran medida de la aceptación por parte de los pacientes. Para superar las barreras iniciales, es vital que las soluciones se integren de manera natural en la vida diaria de los usuarios, y que se ofrezca un apoyo adecuado durante la transición. Personalizar las alertas y educar a los pacientes sobre los



beneficios a largo plazo son estrategias clave para garantizar que estas herramientas sean percibidas como valiosas y no como una carga adicional.

Si bien los desafíos son considerables, los beneficios potenciales son aún mayores. Con un enfoque adecuado, estas tecnologías pueden no solo mejorar la gestión de la diabetes, sino también abrir nuevas posibilidades para el tratamiento y monitoreo de otras enfermedades crónicas. En última instancia, la clave está en diseñar soluciones que respeten las necesidades y ritmos individuales de los pacientes, creando un entorno en el que la tecnología se convierta en un aliado natural y eficaz en su cuidado diario. Esto permitirá no solo un mejor control de la enfermedad, sino también una mejora significativa en la calidad de vida de los pacientes a largo plazo.



## 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN



## 6.1 Discusión

En este trabajo se han revisado un total de 106 artículos, en la fase de selección, obtenidos a través de diferentes motores de búsqueda, siendo Google Scholar la principal fuente con un 94% de los artículos seleccionados. Este predominio no es casualidad, ya que Google Scholar se ha consolidado como una de las herramientas más amplias y fiables para la obtención de resultados científicos. Su capacidad para indexar artículos científicos de múltiples editoriales y bases de datos lo convierte en una de las opciones preferidas para investigaciones académicas, especialmente porque permite acceder a la gran mayoría de estudios y artículos de manera global. Además, Google, como el motor de búsqueda más utilizado en el mundo (52) refuerza aún más la confianza en Google Scholar para la búsqueda de información académica.

Los criterios de búsqueda fueron especialmente rigurosos. Debido a la popularidad creciente de la inteligencia artificial y su aplicación en la medicina en general, en nuestro caso particular en la diabetes, se decidió enfocar la revisión en artículos recientes, publicados en los últimos cinco años, desde 2019 en adelante. Esta selección permite analizar la evolución más reciente en la integración de la IA en la gestión de la diabetes tipo 2. Como se muestra en la [Figura 3], se observa que la mayoría de los artículos seleccionados pertenecen a los años 2022 y 2023, lo que refleja el interés creciente y el dinamismo en la investigación sobre cómo la IA puede transformar la atención sanitaria, particularmente en la predicción, prevención y manejo de complicaciones asociadas a la diabetes.

Las aplicaciones de la inteligencia artificial en la diabetes son diversas, lo que ha llevado a la creación de varios grupos temáticos dentro de la revisión. En total, se identificaron 9 grupos distintos, lo cual es notable considerando la cantidad total de artículos revisados [Figura 4]. Esta variedad de temas evidencia tanto la versatilidad de la IA en el ámbito sanitario, como también su potencial para abordar múltiples aspectos de la diabetes, desde la prevención y el diagnóstico hasta la educación del paciente y la gestión de complicaciones.

Dentro de estos grupos, tres se destacaron por su relevancia y cantidad de estudios: la predicción y diagnóstico temprano de la diabetes, la predicción de la enfermedad renal diabética, y la educación de los pacientes a través de plataformas de IA.



El grupo enfocado en la predicción de la enfermedad son particularmente importantes, ya que la detección temprana y la capacidad de anticiparse al desarrollo de la diabetes tipo 2 pueden ser fundamentales para prevenir complicaciones graves. En la atención primaria, donde a menudo los recursos son limitados, las herramientas de IA que permiten hacer predicciones precisas con recursos mínimos resultan especialmente valiosas.

Por otra parte, los estudios centrados en la educación del paciente también son de gran relevancia a largo plazo. Aunque los beneficios de una educación en salud bien implementada pueden no ser inmediatamente evidentes, su impacto positivo es irrefutable. La inteligencia artificial, en este contexto, ofrece la posibilidad de personalizar la educación y proporcionar recomendaciones adaptadas a las necesidades individuales, lo que puede reducir significativamente el riesgo de complicaciones futuras. Este enfoque educativo no solo mejora la comprensión del paciente sobre su condición, sino que también promueve la adopción de prácticas saludables a largo plazo.

En cuanto a la predicción y manejo de la enfermedad renal diabética, los estudios revisados muestran cómo la IA puede facilitar una detección más temprana y precisa, mejorando la precisión en las predicciones y permitiendo una medicina más personalizada. La capacidad de la IA para analizar grandes volúmenes de datos y detectar patrones sutiles es esencial para una gestión más eficaz de esta complicación. Además, este enfoque contribuye a optimizar el uso de recursos médicos, lo que es particularmente relevante en sistemas de salud con limitaciones de recursos, y promueve una atención más efectiva.

Si bien estos avances en el uso de la inteligencia artificial en la diabetes son prometedores, es crucial reconocer que la presencia de profesionales médicos sigue siendo indispensable. Aunque los algoritmos de IA pueden proporcionar diagnósticos preliminares y recomendaciones de tratamiento, la interpretación de estos resultados y su adaptación a las necesidades individuales de cada paciente requieren el juicio clínico y la experiencia de un médico. Además, los médicos aportan otro enfoque que incluye no solo los aspectos físicos de la enfermedad, sino también los emocionales, sociales y psicológicos, lo que es fundamental para un tratamiento completo y efectivo.



## 6.2 Conclusión

La tecnología está desempeñando un papel cada vez más importante en la asistencia a los profesionales de la salud, así como en la medicina en general, especialmente en el análisis y la identificación de casos que pueden mejorar significativamente el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades, incluida la diabetes tipo 2. La integración de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, no solo promete reducir los tiempos de diagnóstico, sino también acelerar la atención inmediata al paciente. Además, el uso de IA en el ámbito médico permite optimizar los tratamientos, personalizándolos de acuerdo con las características específicas de cada paciente, lo que potencialmente mejora los resultados clínicos y reduce las tasas de complicaciones.

En un futuro cercano, se espera que la IA y sus subcampos, como el aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural, desarrollen sistemas de puntuación algorítmica aún más sofisticados. Estos sistemas podrán integrar una amplia gama de variables para predecir no solo diagnósticos, sino también la probabilidad de readmisión y las tasas de mortalidad, lo que podría transformar radicalmente la medicina preventiva y la gestión de enfermedades crónicas como la diabetes. La capacidad de la IA para analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real permitirá a los profesionales de la salud tomar decisiones más informadas y basadas en evidencia, mejorando así la precisión y efectividad del triaje y el diagnóstico en los servicios de emergencia.

Las ventajas que la inteligencia artificial puede ofrecer a los servicios de salud de emergencia son particularmente significativas. La mejora en la clasificación del diagnóstico, por ejemplo, podría ayudar a priorizar a los pacientes de manera más efectiva, asegurando que aquellos que necesitan atención inmediata la reciban sin demora. Asimismo, la IA podría desempeñar un papel esencial en la predicción del diagnóstico, permitiendo a los profesionales de la salud anticiparse a las necesidades de los pacientes y prepararse mejor para las intervenciones necesarias. Con la automatización de análisis a gran escala, la IA podría manejar datos complejos de manera más rápida y precisa que los métodos tradicionales, liberando a los médicos de tareas repetitivas y permitiéndoles enfocarse en aspectos más críticos del cuidado del paciente.

Sin embargo, a pesar de estos avances significativos, quedan retos importantes por superar. La IA, aunque prometedora, todavía enfrenta desafíos en la interpretación precisa de datos complejos. Los algoritmos de IA pueden ser muy potentes, pero su



eficacia depende en gran medida de la calidad de los datos de entrada y de la capacidad de los sistemas para adaptarse a las particularidades individuales de cada paciente. La personalización del tratamiento, que es uno de los mayores beneficios potenciales de la IA, requiere un enfoque preciso y una comprensión profunda de cómo los diferentes factores interactúan en el contexto de la salud individual.

Además, la integración efectiva de la IA en la práctica clínica no es un proceso simple. Requiere no solo la adaptación tecnológica, sino también cambios en la cultura organizacional y en la formación de los profesionales de la salud. Es fundamental que los médicos y otros profesionales sanitarios comprendan el funcionamiento y las limitaciones de la IA para poder utilizarla de manera efectiva y segura. Este proceso de adopción puede durar unos años debido a la falta de formación sobre el tema. Además, es necesario investigar más a fondo cómo la IA impacta los resultados a largo plazo y la calidad de vida de los pacientes. Aunque la IA tiene el potencial de mejorar significativamente el cuidado de la salud, también plantea preguntas éticas y prácticas sobre la autonomía del paciente, la privacidad de los datos y la equidad en el acceso a las tecnologías avanzadas.

Otro reto importante que se debe afrontar es la falta de disponibilidad de medios técnicos adecuados en muchos servicios de emergencia, especialmente en regiones menos desarrolladas o con recursos limitados. La implementación de sistemas de IA requiere infraestructura tecnológica avanzada, que puede no estar al alcance de todos los sistemas de salud. Esta brecha tecnológica podría aumentar las disparidades en el acceso a la atención médica de calidad, dejando a los pacientes más vulnerables sin los beneficios de estos avances.

Por lo tanto, es crucial que la comunidad científica y médica continúe investigando y desarrollando nuevas técnicas y herramientas de inteligencia artificial que aborden estas brechas. Es necesario explorar soluciones que sean no solo efectivas, sino también accesibles y adaptables a diferentes contextos. Solo a través de un esfuerzo común y continuo se podrán superar los desafíos actuales y aprovechar al máximo el potencial de la inteligencia artificial para mejorar la atención médica, especialmente para las personas con diabetes tipo 2. Este avance no solo mejorará los resultados clínicos, sino que también contribuirá a una gestión más eficiente y equitativa de la salud a nivel mundial, asegurando que los beneficios de la tecnología lleguen a todos, independientemente de su ubicación o recursos.



## 7. BIBLIOGRAFÍA





1. Zimmet P, Cowie C, Ekoe JM, Shaw J. Classification of Diabetes Mellitus and Other Categories of Glucose Intolerance. *International Textbook of Diabetes Mellitus* [Internet]. enero de 2004 [citado 24 de agosto de 2024]; Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/0470862092.d0101>
2. Pickup JC, Crook MA. Is type II diabetes mellitus a disease of the innate immune system? *Diabetologia* [Internet]. 1998 [citado 24 de agosto de 2024];41(10):1241-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9794114/>
3. Diabetes [Internet]. [citado 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
4. Buse JB, Wexler DJ, Tsapas A, Rossing P, Mingrone G, Mathieu C, et al. 2019 Update to: Management of Hyperglycemia in Type 2 Diabetes, 2018. A Consensus Report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care* [Internet]. 1 de febrero de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];43(2):487-93. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31857443/>
5. Toi PL, Anothaisintawee T, Chaikledkaew U, Briones JR, Reutrakul S, Thakkestian A. Preventive Role of Diet Interventions and Dietary Factors in Type 2 Diabetes Mellitus: An Umbrella Review. *Nutrients* [Internet]. 1 de septiembre de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];12(9):1-17. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7551929/>
6. Esposito K, Maiorino MI, Ciotola M, Di Palo C, Scognamiglio P, Gicchino M, et al. Effects of a Mediterranean-style diet on the need for antihyperglycemic drug therapy in patients with newly diagnosed type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* [Internet]. 1 de septiembre de 2009 [citado 24 de agosto de 2024];151(5):306-14. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19721018/>
7. Lean ME, Leslie WS, Barnes AC, Brosnahan N, Thom G, McCombie L, et al. Primary care-led weight management for remission of type 2 diabetes (DiRECT): an open-label, cluster-randomised trial. *Lancet* [Internet]. 10 de febrero de 2018 [citado 24 de agosto de 2024];391(10120):541-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29221645/>
8. Smith AD, Crippa A, Woodcock J, Brage S. Physical activity and incident type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose-response meta-analysis of



- prospective cohort studies. *Diabetologia* [Internet]. 1 de diciembre de 2016 [citado 24 de agosto de 2024];59(12):2527-45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27747395/>
9. Amanat S, Ghahri S, Dianatinasab A, Fararouei M, Dianatinasab M. Exercise and Type 2 Diabetes. *Adv Exp Med Biol* [Internet]. 2020 [citado 24 de agosto de 2024];1228:91-105. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32342452/>
  10. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, et al. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2 de febrero de 2022 [citado 24 de agosto de 2024];54(2):353. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8802999/>
  11. Davies MJ, D'Alessio DA, Fradkin J, Kernan WN, Mathieu C, Mingrone G, et al. Management of Hyperglycemia in Type 2 Diabetes, 2018. A Consensus Report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care* [Internet]. 1 de diciembre de 2018 [citado 24 de agosto de 2024];41(12):2669-701. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30291106/>
  12. Alonso-Domínguez R, García-Ortiz L, Patino-Alonso MC, Sánchez-Aguadero N, Gómez-Marcos MA, Recio-Rodríguez JI. Effectiveness of A Multifactorial Intervention in Increasing Adherence to the Mediterranean Diet among Patients with Diabetes Mellitus Type 2: A Controlled and Randomized Study (EMID Study). *Nutrients* [Internet]. 1 de enero de 2019 [citado 24 de agosto de 2024];11(1):162. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8802999/>
  13. IDF Diabetes Atlas 2021 | IDF Diabetes Atlas [Internet]. [citado 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>
  14. La diabetes en España y en el mundo, en datos y gráficos [Internet]. [citado 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.epdata.es/datos/diabetes-espana-datos-graficos/472>
  15. SAMOILI S, LOPEZ CM, GOMEZ GE, DE PG, MARTINEZ-PLUMED F, DELIPETREV B. AI WATCH. Defining Artificial Intelligence. Joint Research Centre (European Commission) [Internet]. 27 de febrero de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];1-90. Disponible en: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118163>



16. Lindley CA. Neurobiological Computation and Synthetic Intelligence. *Studies in Applied Philosophy, Epistemology and Rational Ethics* [Internet]. 2013 [citado 24 de agosto de 2024];7(7):71-85. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-37225-4\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-37225-4_4)
17. Sarwar A, Ali M, Manhas J, Sharma V. Diagnosis of diabetes type-II using hybrid machine learning based ensemble model. *International Journal of Information Technology (Singapore)* [Internet]. 1 de junio de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];12(2):419-28. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/329686286\\_Diagnosis\\_of\\_diabetes\\_type-II\\_using\\_hybrid\\_machine\\_learning\\_based\\_ensemble\\_model](https://www.researchgate.net/publication/329686286_Diagnosis_of_diabetes_type-II_using_hybrid_machine_learning_based_ensemble_model)
18. Flowers J. *Strong and Weak AI: Deweyan Considerations*. AAAI Spring Symposium: Towards Conscious AI Systems. 2019;
19. Nomura A, Noguchi M, Kometani M, Furukawa K, Yoneda T. Artificial Intelligence in Current Diabetes Management and Prediction. *Curr Diab Rep* [Internet]. 1 de diciembre de 2021 [citado 24 de agosto de 2024];21(12). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34902070/>
20. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, Godwin J, Antropova N, Ashrafiyan H, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature* [Internet]. 2 de enero de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];577(7788):89-94. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31894144/>
21. Komorowski M, Celi LA, Badawi O, Gordon AC, Faisal AA. The Artificial Intelligence Clinician learns optimal treatment strategies for sepsis in intensive care. *Nature Medicine* 2018 24:11 [Internet]. 22 de octubre de 2018 [citado 24 de agosto de 2024];24(11):1716-20. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41591-018-0213-5>
22. Attia ZI, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, Asirvatham SJ, Deshmukh AJ, Gersh BJ, et al. An artificial intelligence-enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm: a retrospective analysis of outcome prediction. *Lancet* [Internet]. 7 de septiembre de 2019 [citado 24 de agosto de 2024];394(10201):861-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31378392/>
23. Topalovic M, Das N, Burgel PR, Daenen M, Derom E, Haenebalcke C, et al. Artificial intelligence outperforms pulmonologists in the interpretation of pulmonary



- function tests. *Eur Respir J* [Internet]. 1 de abril de 2019 [citado 24 de agosto de 2024];53(4). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30765505/>
24. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J* [Internet]. junio de 2019 [citado 24 de agosto de 2024];6(2):94. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6616181/>
  25. Schneider G. Automating drug discovery. *Nature Reviews Drug Discovery* 2017 17:2 [Internet]. 15 de diciembre de 2017 [citado 24 de agosto de 2024];17(2):97-113. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nrd.2017.232>
  26. Bibault JE, Chaix B, Guillemassé A, Cousin S, Escande A, Perrin M, et al. A chatbot versus physicians to provide information for patients with breast cancer: Blind, randomized controlled noninferiority trial. *J Med Internet Res* [Internet]. 1 de noviembre de 2019 [citado 18 de mayo de 2024];21(11):e15787. Disponible en: <https://www.jmir.org/2019/11/e15787>
  27. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Antes G, Atkins D, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* [Internet]. 1 de julio de 2009 [citado 24 de agosto de 2024];6(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19621072/>
  28. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med* [Internet]. 2 de octubre de 2018 [citado 24 de agosto de 2024];169(7):467-73. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30178033/>
  29. Balasubramaniyan S, Jeyakumar V, Nachimuthu DS. Panoramic tongue imaging and deep convolutional machine learning model for diabetes diagnosis in humans. *Scientific Reports* 2022 12:1 [Internet]. 7 de enero de 2022 [citado 24 de agosto de 2024];12(1):1-18. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-03879-4>
  30. Abbas HT, Alic L, Erraguntla M, Ji JX, Abdul-Ghani M, Abbasi QH, et al. Predicting long-term type 2 diabetes with support vector machine using oral glucose tolerance test. *PLoS One* [Internet]. 1 de diciembre de 2019 [citado 24 de agosto de 2024];14(12):e0219636. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0219636>



31. Ganie SM, Malik MB. An ensemble Machine Learning approach for predicting Type-II diabetes mellitus based on lifestyle indicators. *Healthcare Analytics*. 1 de noviembre de 2022;2:100092.
32. Ferreira ACBH, Ferreira DD, Oliveira HC, Resende IC de, Anjos A, Lopes MHB de M. Competitive neural layer-based method to identify people with high risk for diabetic foot. *Comput Biol Med [Internet]*. 1 de mayo de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];120. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32421649/>
33. Eghbali-Zarch M, Masoud S. Application of machine learning in affordable and accessible insulin management for type 1 and 2 diabetes: A comprehensive review. *Artif Intell Med [Internet]*. 1 de mayo de 2024 [citado 24 de agosto de 2024];151. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38632030/>
34. Sheng B, Chen X, Li T, Ma T, Yang Y, Bi L, et al. An overview of artificial intelligence in diabetic retinopathy and other ocular diseases. *Front Public Health*. 28 de octubre de 2022;10:971943.
35. Ooi YG, Sarvanandan T, Hee NKY, Lim QH, Paramasivam SS, Ratnasingam J, et al. Risk Prediction and Management of Chronic Kidney Disease in People Living with Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes Metab J [Internet]*. 1 de marzo de 2024 [citado 24 de agosto de 2024];48(2):196-207. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38273788/>
36. Aguilera A, Figueroa CA, Hernandez-Ramos R, Sarkar U, Cembali A, Gomez-Pathak L, et al. mHealth app using machine learning to increase physical activity in diabetes and depression: clinical trial protocol for the DIAMANTE Study. *BMJ Open [Internet]*. 20 de agosto de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];10(8). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32819981/>
37. Wen J, Liu D, Wu Q, Zhao L, Lao WC, Lin H. Retinal image-based artificial intelligence in detecting and predicting kidney diseases: Current advances and future perspectives. *VIEW [Internet]*. 1 de junio de 2023 [citado 24 de agosto de 2024];4(3). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/369389448\\_Retinal\\_image-based\\_artificial\\_intelligence\\_in\\_detecting\\_and\\_predicting\\_kidney\\_diseases\\_Current\\_advances\\_and\\_future\\_perspectives](https://www.researchgate.net/publication/369389448_Retinal_image-based_artificial_intelligence_in_detecting_and_predicting_kidney_diseases_Current_advances_and_future_perspectives)
38. Zhu Y, Bi D, Saunders M, Ji Y. Prediction of chronic kidney disease progression using recurrent neural network and electronic health records. *Scientific Reports* 2023 13:1 [Internet]. 13 de diciembre de 2023 [citado 24 de agosto de 2024];13:1.



- 2024];13(1):1-11. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-49271-2>
39. Hardie T, Horton T, Thornton-Lee N, Home J, Pereira P. Developing learning health systems in the UK: priorities for action. 1 de septiembre de 2022 [citado 24 de agosto de 2024]; Disponible en: <https://salford-repository.worktribe.com/output/1324250/developing-learning-health-systems-in-the-uk-priorities-for-action>
40. Fahimi B, Beikmohammadi S. Role of Artificial Intelligence in Atrial Fibrillation Management: A Comprehensive Review. 7 de noviembre de 2023 [citado 24 de agosto de 2024]; Disponible en: <https://www.preprints.org/manuscript/202311.0393/v1>
41. Guan Z, Li H, Liu R, Cai C, Liu Y, Li J, et al. Artificial intelligence in diabetes management: Advancements, opportunities, and challenges. *Cell Rep Med* [Internet]. 17 de octubre de 2023 [citado 24 de agosto de 2024];4(10). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37788667/>
42. Ljubic B, Hai AA, Stanojevic M, Diaz W, Polimac D, Pavlovski M, et al. Predicting complications of diabetes mellitus using advanced machine learning algorithms. *J Am Med Inform Assoc* [Internet]. 1 de septiembre de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];27(9):1343-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32869093/>
43. Arcadu F, Benmansour F, Maunz A, Willis J, Haskova Z, Prunotto M. Deep learning algorithm predicts diabetic retinopathy progression in individual patients. *npj Digital Medicine* 2019 2:1 [Internet]. 20 de septiembre de 2019 [citado 24 de agosto de 2024];2(1):1-9. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41746-019-0172-3>
44. Huang J, Huth C, Covic M, Troll M, Adam J, Zukunft S, et al. Machine Learning Approaches Reveal Metabolic Signatures of Incident Chronic Kidney Disease in Individuals With Prediabetes and Type 2 Diabetes. *Diabetes* [Internet]. 1 de diciembre de 2020 [citado 24 de agosto de 2024];69(12):2756-65. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33024004/>
45. Khandakar A, Chowdhury MEH, Reaz MBI, Ali SHM, Kiranyaz S, Rahman T, et al. A Novel Machine Learning Approach for Severity Classification of Diabetic Foot Complications Using Thermogram Images. *Sensors (Basel)* [Internet]. 1 de junio



- de 2022 [citado 24 de agosto de 2024];22(11). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35684870/>
46. Shafeeq M, Khan Z. Digital health interventions for diabetes self-management: Harnessing technology for improved outcomes. 2023;
  47. Preston FG, Meng Y, Burgess J, Ferdousi M, Azmi S, Petropoulos IN, et al. Artificial intelligence utilising corneal confocal microscopy for the diagnosis of peripheral neuropathy in diabetes mellitus and prediabetes. *Diabetologia* [Internet]. 1 de marzo de 2022 [citado 24 de agosto de 2024];65(3):457-66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34806115/>
  48. Roca S, Lozano ML, García J, Alesanco Á. Validation of a Virtual Assistant for Improving Medication Adherence in Patients with Comorbid Type 2 Diabetes Mellitus and Depressive Disorder. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 1 de noviembre de 2021 [citado 24 de agosto de 2024];18(22). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34831811/>
  49. Makino M, Yoshimoto R, Ono M, Itoko T, Katsuki T, Koseki A, et al. Artificial intelligence predicts the progression of diabetic kidney disease using big data machine learning. *Scientific Reports* 2019 9:1 [Internet]. 14 de agosto de 2019 [citado 24 de agosto de 2024];9(1):1-9. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48263-5>
  50. Chatrati SP, Hossain G, Goyal A, Bhan A, Bhattacharya S, Gaurav D, et al. Smart home health monitoring system for predicting type 2 diabetes and hypertension. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* [Internet]. 1 de marzo de 2022 [citado 24 de agosto de 2024];34(3):862-70. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/338822259\\_Smart\\_Home\\_Health\\_Monitoring\\_System\\_for\\_Predicting\\_Type\\_2\\_Diabetes\\_and\\_Hypertension](https://www.researchgate.net/publication/338822259_Smart_Home_Health_Monitoring_System_for_Predicting_Type_2_Diabetes_and_Hypertension)
  51. La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible [Internet]. [citado 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
  52. Search Engine Market Share Worldwide | Statcounter Global Stats [Internet]. [citado 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share>