

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN NEFROLOGÍA

La integración de la IA en la práctica clínica requerirá un cambio en los roles tradicionales de los profesionales de la salud



Roser Torra

Fundació Puigvert. Barcelona

## ¿Qué es la Inteligencia artificial?

La evolución del ser humano se desarrolla de manera paralela a la aparición de la tecnología: enfocado a las necesidades del ser humano en cada momento. En cada etapa de la historia, el hombre ha ido resolviendo sus necesidades gracias al desarrollo de las distintas tecnologías que han estado perfilando la sociedad en la que hoy vivimos.

En este contexto hablamos de revoluciones industriales, definidas como cortos períodos de tiempo en los que técnicas innovadoras y disruptivas cambian la sociedad tal y como se conocía antes de ellas. Cada vez que hay una nueva revolución industrial, los cambios se ven reflejados en el mundo laboral, social, económico y afectan de manera considerable la calidad de vida de las personas.

La primera revolución industrial es la caracterizada por el motor de vapor, la segunda revolución industrial es la que se desarrolló a partir de la electricidad, la tercera vino de la mano de las computadoras y ahora ya podemos decir que estamos frente a la cuarta revolución industrial, gracias a la inteligencia artificial.

Los ordenadores modernos y las técnicas de Inteligencia artificial y “Machine Learning” permiten la gestión rápida y segura de grandes volúmenes de datos generados por la digitalización que estamos viviendo de la sociedad, y eso nos permite organizar todos estos datos de manera muy eficiente para extraer conclusiones y resultados.

IA es la rama del conocimiento que busca construir programas o máquinas que imiten cualidades o comportamientos humanos. La IA no sustituirá a los médicos, pero puede hacerlos mejores profesionales.

En el futuro, la IA se verá y se comportará de manera bastante diferente de lo que es hoy, ya que la IA todavía está en su infancia, pero por el momento, dependiendo del tipo de tareas realizadas por los robots de IA, la IA se ha dividido en 3 categorías diferentes:

### La IA estrecha

Es un tipo de inteligencia artificial enfocada en una única tarea. Posee un rango estrecho de habilidades. Esta es básicamente la IA que existe actualmente. Son aplicaciones que reconocen patrones en datos y emplean esa información para hacer predicciones o tomar decisiones. Cada día interactuamos con este tipo de inteligencia artificial, en Google, en Amazon, en los Traductores en línea, chatbots o con aplicaciones para eliminar correos electrónicos no deseados. Estas aplicaciones de IA han estado enseñadas para comprender el habla o texto en lenguaje natural, y están programados para interactuar con los humanos de forma personalizada y natural. Tienen almacenadas millones de respuestas coherentes a preguntas u órdenes que podemos hacer, y responden con lo que la probabilidad dice que es la respuesta más adecuada.

El secreto para que este tipo de IA funcione es alimentar a los algoritmos con suficientes datos, lo que los programadores llaman “entrenar” suficientemente a sus algoritmos para que reconozcan patrones en datos y empleen esa información para hacer predicciones o tomar decisiones, y respondan de manera adecuada al usuario.

### La IA general (IAG)

La IA general implica un tipo de IA que ha de tener la misma capacidad que el cerebro humano. Esta inteligencia artificial sigue siendo un campo emergente.

Su desarrollo es complejo ya que se usa el cerebro humano como modelo para crearla, pero aún nos

## La IA no sustituirá a los médicos, pero puede hacerlos mejores profesionales

falta conocimiento integral de la funcionalidad del cerebro humano.

Dos ejemplos de IAG serían robots autónomos que puedan navegar por entornos desconocidos y realizar diversas tareas sin la necesidad de ser controlados directamente por un ser humano o sistemas de diagnóstico médico que utilicen IA para analizar síntomas y exámenes médicos y proporcionar diagnósticos precisos de manera autónoma. Ahora mismo estas dos opciones son ciencia ficción.

### La Superinteligencia Artificial (ASI)

Esta Inteligencia artificial equivaldría a una “mente” que es verdaderamente inteligente y consciente de sí misma. Para llegar a este punto y ser llamado ASI, una IA necesitará superar a los humanos en absolutamente todo. El tipo ASI se logra cuando la IA es más capaz que un humano.

Este tipo de IA podrá desempeñarse extraordinariamente bien en cosas como las artes, la toma de decisiones y las relaciones emocionales. Estas cosas son hoy parte de lo que diferencia a una máquina de un humano. En otras palabras, cosas que se creen estrictamente humanas.

El primer paso que se ha realizado en la línea de crear una Superinteligencia artificial son las aplicaciones de Chat GPT. GPT significa Generative Pre-trained Transformers, que se puede traducir como Transformadores Preentrenados Generativos. Estos son un tipo de modelo de aprendizaje profundo que se utiliza para generar textos similares a los humanos. Los usos comunes incluyen:

- Responder preguntas
- Realizar resúmenes
- Traducir texto a otros idiomas
- Genera código
- Crear publicaciones de blog, guiones, historias, conversaciones y otros tipos de contenido.

Aunque otras empresas como Microsoft hayan creado productos similares como Bing, es importante tener en cuenta que la superinteligencia artificial es aún solo un concepto teórico y que no existen ejemplos reales de esta tecnología en la actualidad.

En este artículo vamos a centrarnos en la Inteligencia Artificial estrecha, que es lo que se está trabajando hoy en día de la manera más eficiente en el contexto de diagnóstico de la enfermedad renal genética.

## Aplicación de la inteligencia artificial en medicina

### Machine Learning

Esta es una disciplina del campo de la inteligencia artificial que dota a los ordenadores de la capacidad de identificar patrones en grandes cantidades de datos reales, gracias a un gran número de datos, estadísticas y fórmulas matemáticas, y les permite descubrir patrones i relaciones entre los datos, para que sea capaz de elaborar predicciones.

### Deep Learning

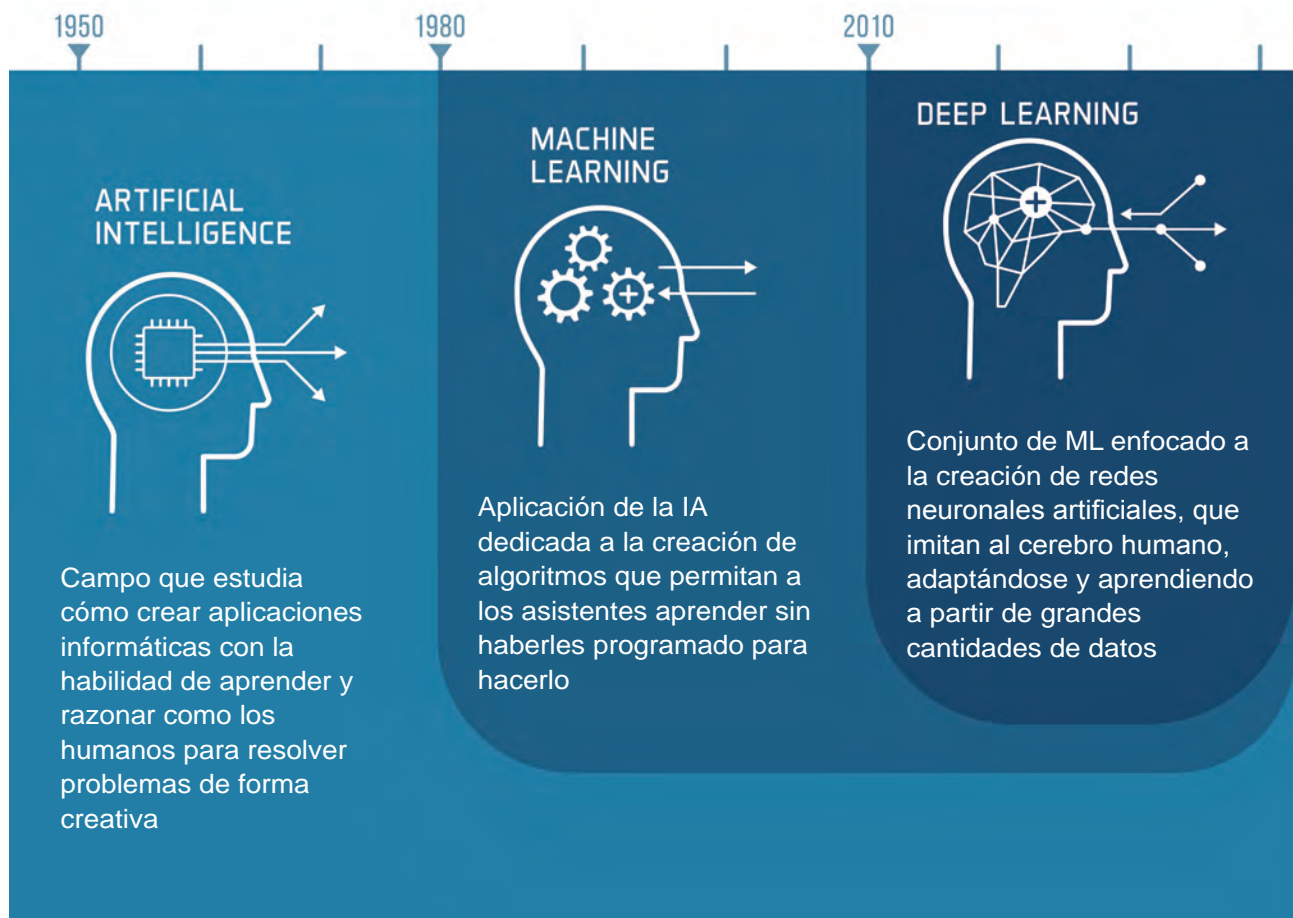
Traducido como aprendizaje profundo, se basa en un conjunto de algoritmos relacionados con el *machine learning*, cuyas aplicaciones en el mundo real son cada vez más tangibles (análisis de imágenes médicas, detección de factores de riesgo en análisis de sangre...).

Se crean modelos estadísticos y matemáticos en forma de reglas o algoritmos que contienen información con datos reales. Se mezclan correctamente estos datos, con el soporte de matemáticos y médicos especializados nos permite extraer información muy concreta y hacer predicciones sobre un diagnóstico muy concreto de una manera muy rápida y eficiente.

La clave para que todo esto funcione es la calidad de los datos introducidos, la cantidad (cuantos más datos, más fiables serán los resultados), que estos datos estén bien organizados y que estén bien interpretados.

### ¿Qué tipos de "machine learning" existen?

Existen dos formas de trabajar con *machine learning*, etiquetando y clasificando los datos de entrada, o





### Machine learning supervisado

Los algoritmos toman grandes cantidades de datos de casos reales de todo el mundo, etiquetados y clasificados por personas. Al algoritmo se le pide que pueda predecir cuál es la etiqueta que le corresponde a cada nueva entrada según lo que ha aprendido con los datos etiquetados anteriormente.

Esta forma de trabajar es útil porque un algoritmo puede trabajar con muchos más datos a la vez que cualquier médico o profesional de la sanidad, y mejorar enormemente la capacidad de diagnóstico.

### Machine learning no supervisado

La tarea es identificar la estructura en los datos sin etiquetas previas, no existe ninguna intervención humana de clasificado ni etiquetado.

En este caso, los algoritmos buscan relaciones o patrones entre grandes cantidades de datos no etiquetados.

Esta forma de trabajar crea formas de ver y diagnosticar a los pacientes de formas distintas de las que conocíamos antes de la inteligencia artificial, ayudar a los médicos a determinar qué pacientes es probable que respondan a terapias similares.

sencillamente entrar los datos de entrada y hacer que el algoritmo busque coincidencias y patrones.

### Pros y contras del uso de Inteligencia Artificial en el diagnóstico de pacientes

La Inteligencia Artificial es buena si se usa:

- Para mejorar la velocidad y la precisión del diagnóstico y la detección de enfermedades.
- Para dar soporte a los profesionales de la salud con la atención clínica.
- Para impulsar la investigación en salud y el desarrollo de medicamentos.

- Para apoyar diversas intervenciones de salud pública, como la vigilancia de enfermedades, la respuesta a epidemias y la gestión de sistemas de salud.
- Para capacitar a los pacientes para que tomen un mayor control de su propia atención médica y comprendan mejor sus necesidades que van cambiando con la enfermedad.

Al mismo tiempo, existen preocupaciones sobre la ética, el sesgo, la privacidad, la fiabilidad y la seguridad del paciente.



# Estudios que relacionan Machine learning con la enfermedad renal

## Sistema de predicción del riesgo de pérdida de aloinjertos en pacientes sometidos a trasplante renal: estudio internacional de derivación y validación

(Fecha del estudio: septiembre 2019)

**Objetivo:** Desarrollar y validar un sistema integrador para predecir el fracaso del injerto renal a largo plazo.

**Participantes:** 7557 pacientes receptores de trasplante renal de 10 centros médicos académicos de Europa y Estados Unidos.

**Herramientas:** Se usaron algoritmos de *machine learning* para evaluar 32 factores pronósticos candidatos para la supervivencia del injerto renal en los enfermos trasplantados de riñón.

**Resultados:** 7557 receptores de trasplante renal incluidos. Este sistema mostró precisión cuando se evaluó en diferentes momentos de la evaluación posterior al trasplante, se validó en diferentes escenarios clínicos, incluido el tipo de régimen inmunosupresor utilizado y la respuesta a la terapia de rechazo, y superó las puntuaciones de predicción de riesgo anteriores, así como una puntuación de riesgo basada únicamente en funcional.

**Conclusión:** Se ha desarrollado una puntuación de predicción de riesgo integradora, precisa y fácilmente implementable para la insuficiencia del aloinjerto renal, que muestra la posibilidad de generalizar entre centros de todo el mundo y escenarios clínicos comunes. Esta puntuación de predicción de riesgos de puede ayudar a guiar el seguimiento de los pacientes y mejorar aún más el diseño y el desarrollo de un criterio de valoración alternativo válido y temprano para los ensayos clínicos.

## Inteligencia artificial y machine learning en nefropatología

(Fecha del estudio: abril 2020)

**Objetivo:** Utilizar tecnologías de inteligencia artificial (IA) para extraer información sobre el diagnóstico, el pronóstico y la capacidad de respuesta a la terapia a partir de biopsias de riñón nativo o trasplantado, de la misma manera que lo haría un nefropatólogo. Este estudio se centra en imágenes de diapositivas completas que se utilizan tradicionalmente en nefropatología, y pretende demostrar cómo la IA puede mejorar la reproducibilidad de los resultados en nefropatología.

**Participantes:** Estudio observacional.

**Herramientas:** Se utilizaron algoritmos de IA para realizar la introducción generalizada de escáneres de portaobjetos de vidrio y servidores de datos en los departamentos de patología de todo el mundo. Estos mismos algoritmos buscaron.

**Conclusiones:** No se puede esperar que la IA ofrezca instantáneamente una solución diagnóstica completa y milagrosa, emulando a un nefropatólogo experto, pero el marcado de leucocitos asistido por IA podría ayudar a diagnosticar el rechazo en trasplantes, mientras que el marcado de glomerulosclerosis focal y segmentaria podría ayudar en el diagnóstico del síndrome nefrótico resistente a los esteroides. Incluso algunas herramientas simples para, por ejemplo, el recuento y la presentación automatizados de glomérulos ya podrían ser útiles en la práctica diaria. Y estos solo son algunos ejemplos de cómo la IA transformará el perfil de trabajo de un nefropatólogo, eliminando trabajos repetitivos que requieren altos niveles de atención.

Se deberán diseñar e implementar procedimientos y reglas para identificar la incertidumbre y anular los resultados cuestionables de la IA cuando el nefrólogo lo considere necesario, quien en última instancia será responsable. Con este fin, los desarrolladores de IA deben asegurarse de que el proceso de toma de decisiones siga siendo transparente. Las aplicaciones de IA deberían complementar la nefropatología tradicional de la mano de los nefropatólogos, eliminando los errores y debilidades propios de los humanos.

## Mejora de la predicción de mortalidad en la enfermedad renal terminal: un enfoque de aprendizaje automático

(Fecha del estudio: mayo 2020)

**Objetivo:** Se combinaron variables masivas recopiladas durante la evolución de pacientes con enfermedad renal terminal (ERT), junto con técnicas de aprendizaje automático para mejorar la predicción de mortalidad en ERT.

**Participantes:** 261 pacientes.

**Herramientas:** Se utilizó Random Forest (RF) que es un algoritmo de *machine learning* para explorar la inferencia de las variables entre los datos recogidos en diagnósticos, exámenes de laboratorio y variables registradas durante las sesiones de hemodiálisis.



**Resultados:** El mejor rendimiento se obtuvo utilizando todas las variables, pero las encontradas por RF tuvieron mejor capacidad predictiva que las elegidas con conocimiento experto de profesionales de la salud. La integración masiva de datos de pacientes supone una mejora excepcional en los modelos predictivos de mortalidad.

**Conclusiones:** El enfoque de aprendizaje automático puede conducir a un cambio de paradigma en el análisis de factores predictivos de mortalidad en Enfermedad renal terminal.

### Desarrollo y prueba de una herramienta de inteligencia artificial para predecir la enfermedad renal terminal en pacientes con nefropatía Ig A

(Fecha del estudio: mayo 2021)

**Conclusión:** Esta herramienta identificó a las personas que tenían un alto riesgo de desarrollar ERT a IgAN y predijo el punto final del tiempo hasta el evento. La predicción precisa es un paso importante hacia la introducción de una estrategia terapéutica para mejorar los resultados clínicos.

### ¿Cómo sabemos si un algoritmo es lo suficientemente bueno para hacer predicciones?

La finalidad última de un algoritmo de *machine learning* orientado al diagnóstico y tratamiento de la enfermedad renal, es hacer una predicción realista de cómo evolucionará un dato que no había visto antes. ¿Cómo sabemos que podemos confiar en el modelo?

Un modelo de predicción desarrollado se puede validar de varias maneras y en poblaciones que difieren de la población inicial que ha sido objeto del estudio.

Una **validación interna** no incluye nuevos pacientes, proporciona principalmente información so-

bre la reproducibilidad del modelo creado a partir de los participantes estudiados.

A menudo se considera que la **validación temporal** se encuentra a medio camino entre la validación interna y la externa, porque implica validar el modelo en pacientes nuevos que se incluyeron en el mismo estudio que los pacientes de la población inicial de desarrollo, pero que se muestrearon en un momento anterior o posterior. Proporciona información sobre la reproducibilidad y la generalización de un modelo.

La **validación externa** proporciona principalmente evidencia sobre la generalización a varias poblaciones de pacientes diferentes. Los pacientes in-

---

## Si bien la IA puede mejorar significativamente la atención al paciente, no puede reemplazar la relación médico-paciente, que es un aspecto crítico de la atención médica

---

cluidos en los estudios de validación externa pueden diferir de la población de desarrollo de varias maneras: pueden ser de diferentes países (validación geográfica), de diferentes tipos de centros de atención o tener características generales diferentes.

### **En resumen**

La IA tiene el potencial de revolucionar la atención médica de varias maneras, incluida la medicina personalizada, la detección temprana de enfermedades y las técnicas mejoradas de descubrimiento de fármacos. A nivel de gestión, la IA se puede utilizar para predecir los resultados de los pacientes, las tasas de readmisión y la duración de las estancias hospitalarias en función de los datos de los pacientes. Si bien

la IA puede mejorar significativamente la atención al paciente, no puede reemplazar la relación médico-paciente, que es un aspecto crítico de la atención médica.

En nefrología, el uso de la IA tiene el potencial de generar beneficios significativos, pero es crucial considerar los riesgos y desafíos asociados con la tecnología y desarrollar sistemas para mitigar estos riesgos. Los nefrólogos pronto interactuarán con la IA en su práctica diaria, por lo que es esencial que la comunidad de nefrología sea educada sobre esta tecnología. Comprender los conceptos básicos de la IA y cómo se crean los modelos es un requisito previo para el uso efectivo de la tecnología.

El uso de la IA en el diagnóstico de enfermedades renales hereditarias es muy necesario. Dada su poca prevalencia y la gran variabilidad clínica que presentan, resultan extraordinariamente difíciles de diagnosticar e incluso de ser sospechadas por parte del nefrólogo. Una herramienta de IA de apoyo al diagnóstico de las mismas sería de gran utilidad.

Si bien la IA no reemplazará a los nefrólogos, aquellos que puedan usarla de manera efectiva probablemente se convertirán en mejores profesionales para sus pacientes. Sin embargo, es importante reconocer que la integración de la IA en la práctica clínica requerirá un cambio en los roles tradicionales de los profesionales de la salud, y que habrá una necesidad de capacitación y educación continuas para garantizar que la IA se use de manera efectiva y ética.