

La transformación de la Radiología a través de la Inteligencia Artificial: lo que el residente debe conocer para sobrevivir al cambio.

Amalia Aranz Murillo, Gloria del Mar Oliveros
Cartagena, Marcos Berdejo Alloza, Jorge López
Mareca, María Riera Martí, Elena Pascual Pérez, Elena
Sierra Beltrán, María Beatriz Fernández Lago

Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza

Objetivo Docente

- Comprender los conceptos básicos de la Inteligencia Artificial en Radiología.
- Explorar aplicaciones actuales y futuras de la IA en la especialidad.
- Analizar las implicaciones éticas y de privacidad.
- Proporcionar ejemplos ilustrativos y esquemáticos para una comprensión clara.

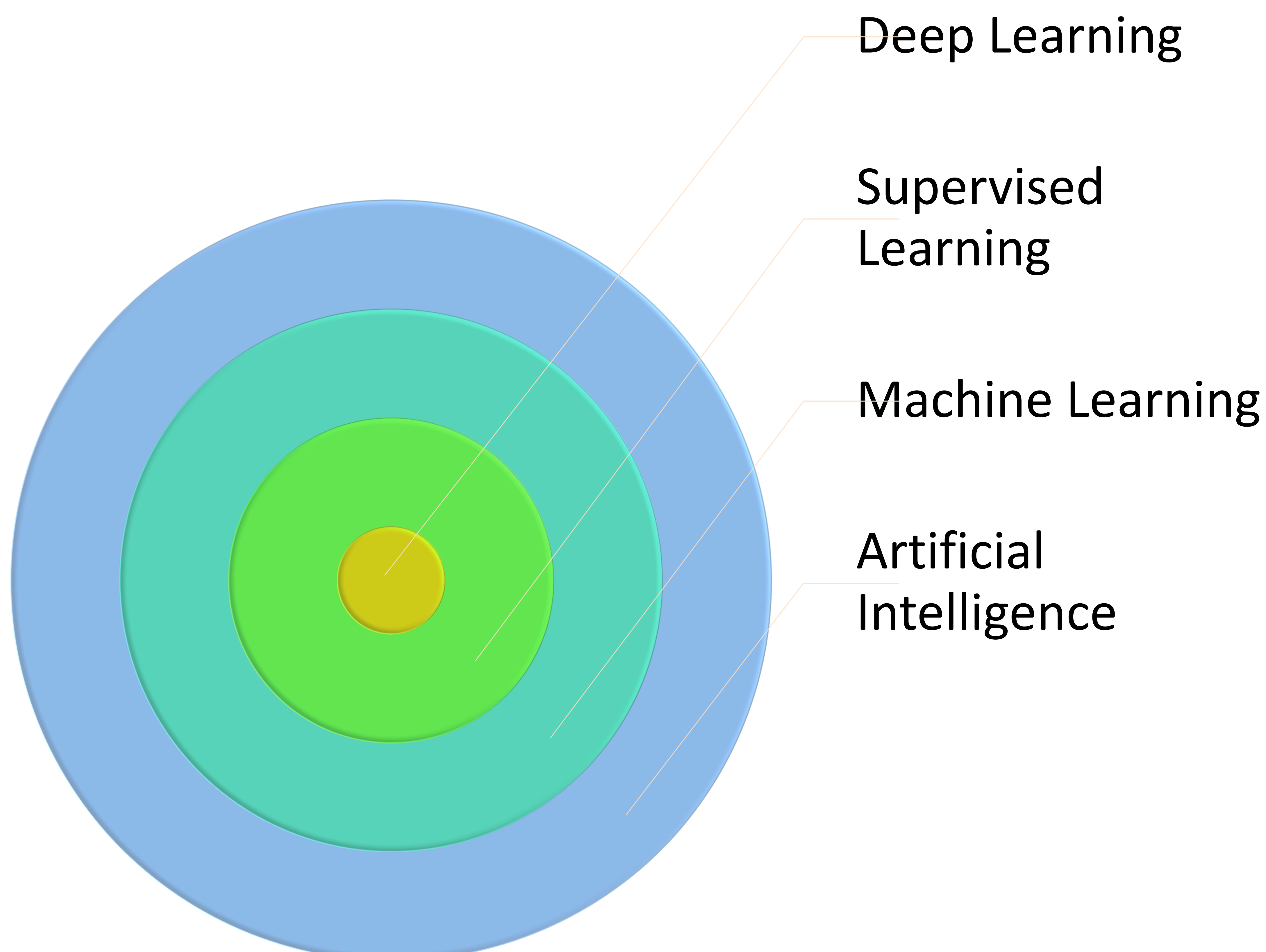
Revisión del tema



Introducción

La inteligencia artificial se define según la norma ISO/IEC TR 24028:2020 como la capacidad de un sistema diseñado para **adquirir, procesar y aplicar conocimientos y habilidades.**

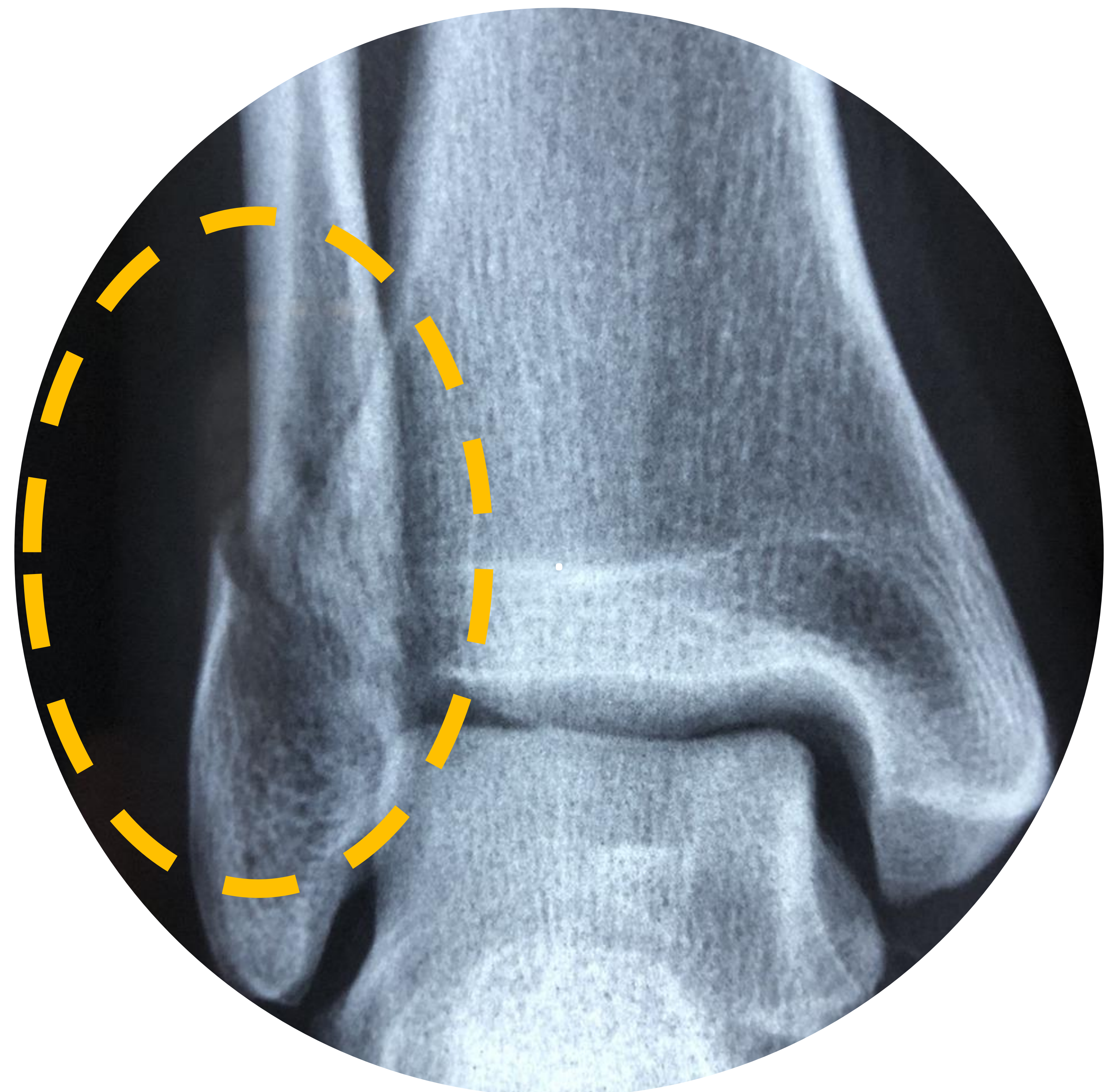
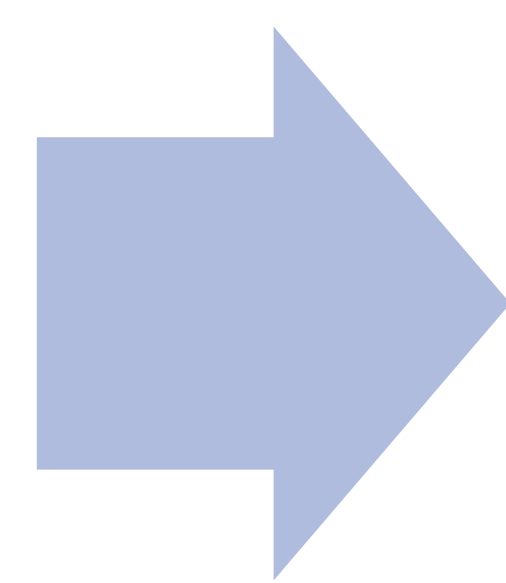
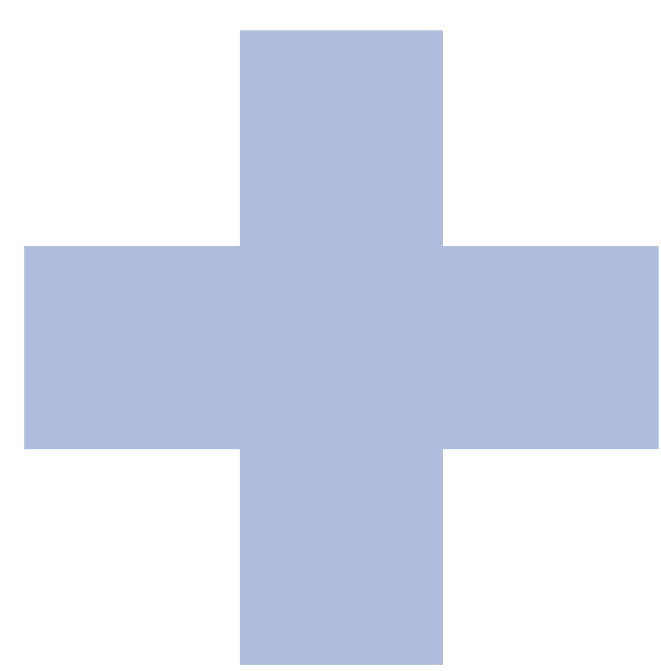
La evolución de la Radiología en la era de la Inteligencia Artificial (IA) se cimienta en los avances de **Machine Learning (ML) y Deep Learning (DL).** Comprender la distinción entre estas disciplinas es crucial para abordar la revolución en curso.



Machine Learning vs. Deep Learning:

Machine Learning representa el primer paso en la integración de la IA en Radiología. En este enfoque, los algoritmos aprenden patrones a partir de datos y toman decisiones sin intervención humana directa usando redes neuronales tradicionales. En radiología, se utiliza para tareas como detección de anomalías y clasificación de imágenes.

Datos de entrada

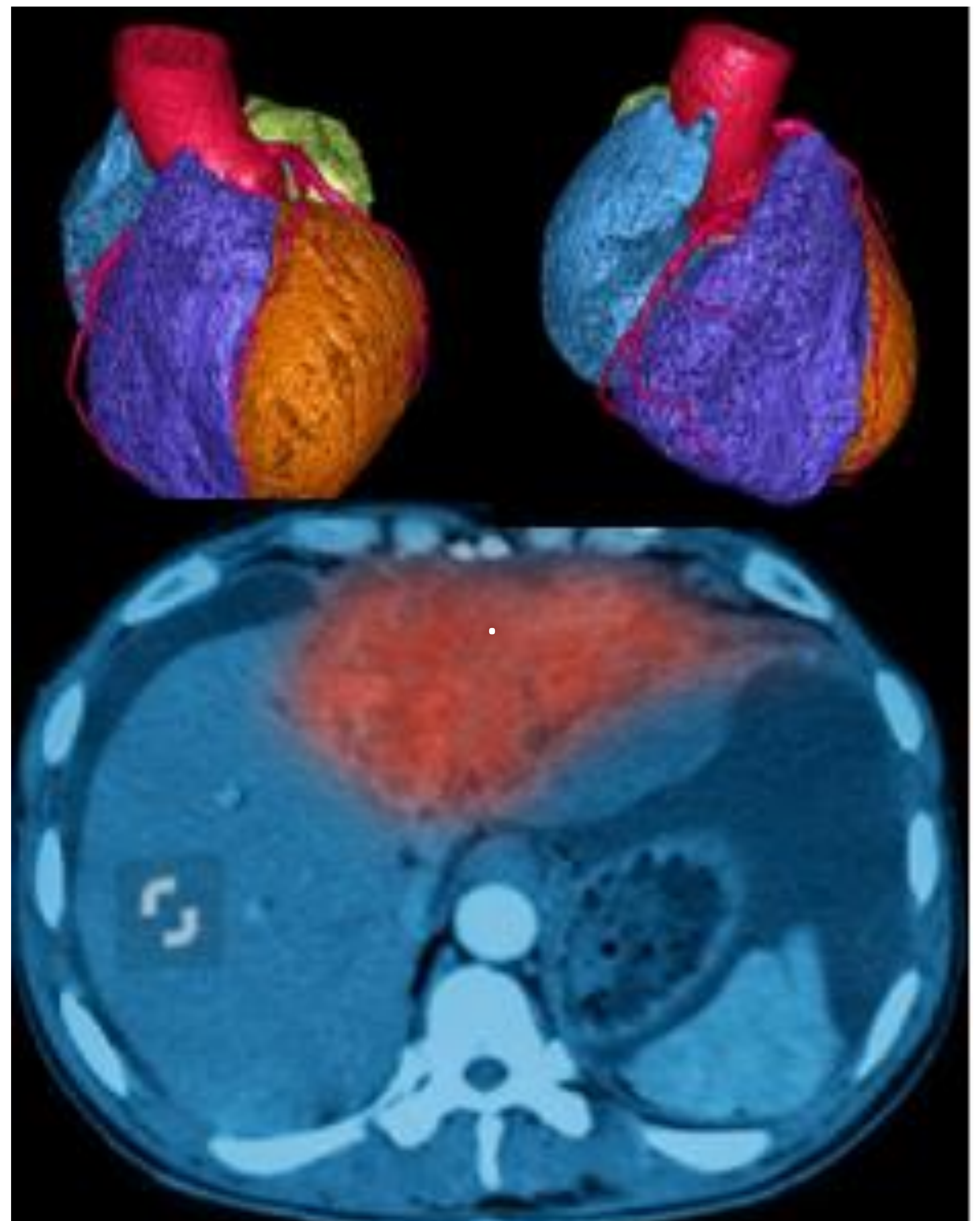
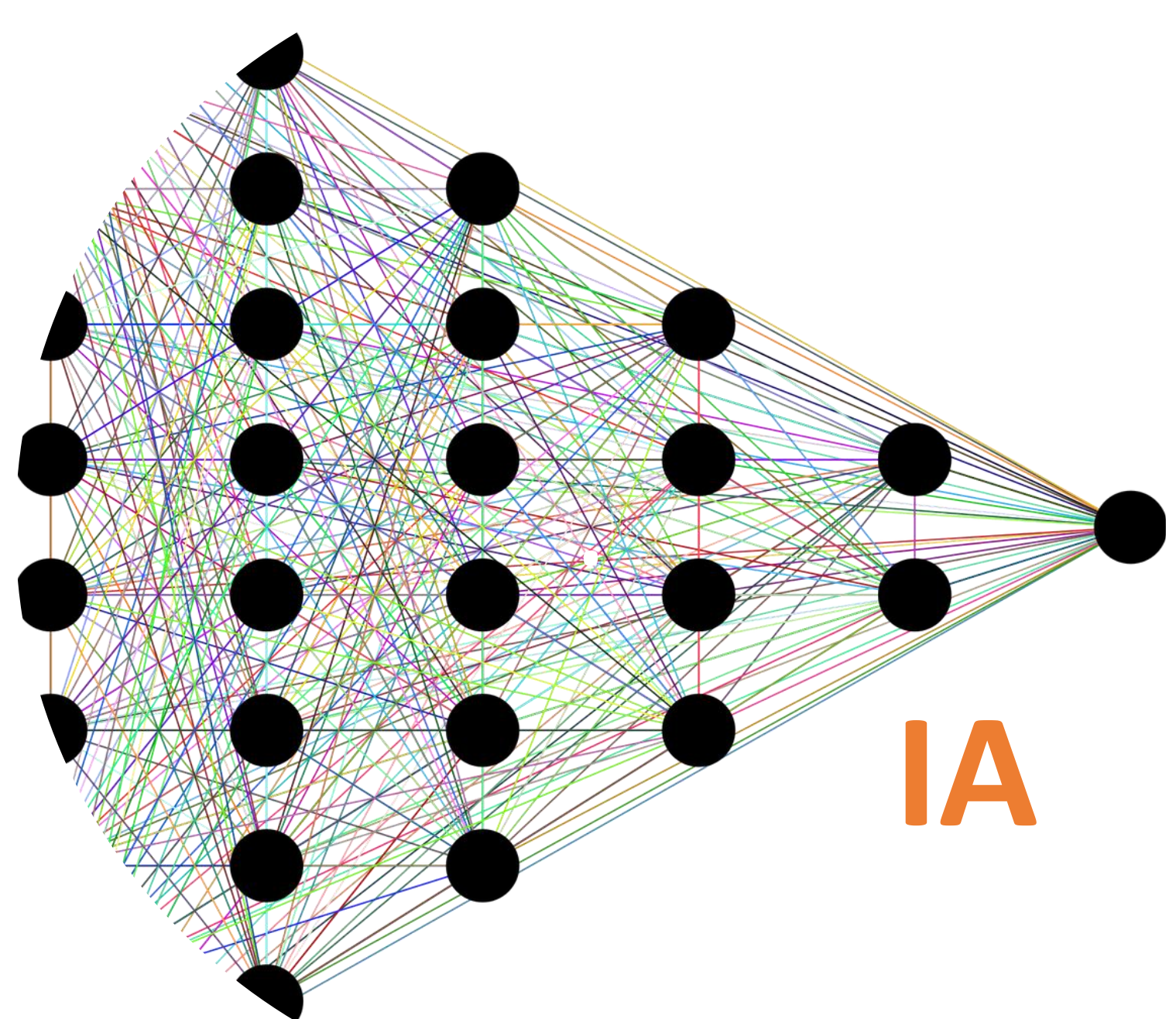


Resultados: fractura

ML: Red neuronal tradicional

Deep Learning introduce redes neuronales profundas, específicamente las Redes Neuronales Convolucionales (CNN). Estas estructuras replican la capacidad del cerebro humano para aprender representaciones complejas a partir de datos visuales. En radiología, DL ha llevado la capacidad de la IA a nuevas alturas, permitiendo la segmentación de órganos, la generación de imágenes sintéticas y la toma de decisiones clínicas avanzadas.

Datos de entrada



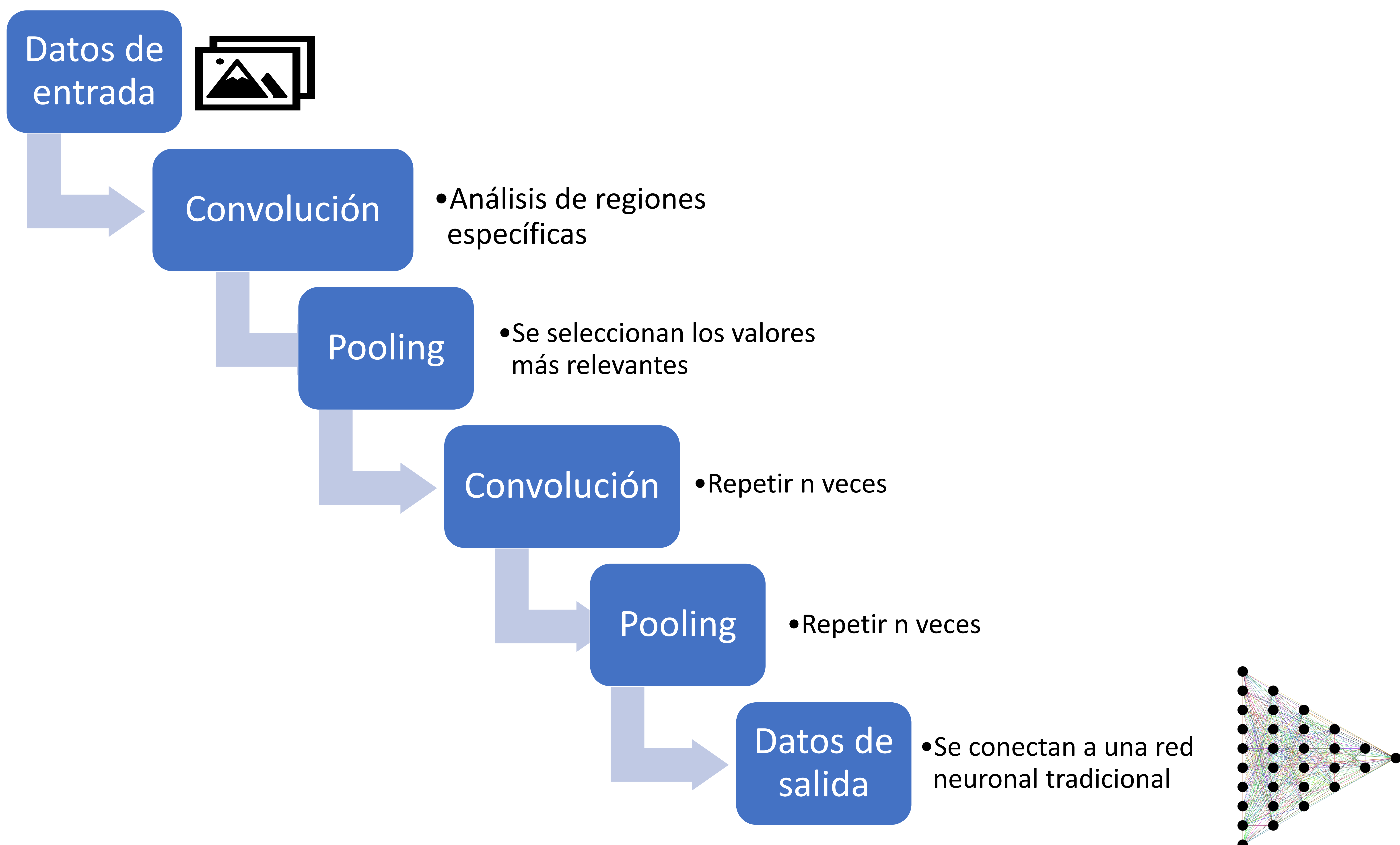
Resultados: ejemplos de segmentación

DL: Red neuronal convolucional

Redes Neuronales Convolucionales

Una red neuronal tradicional es como un modelo matemático que toma datos de entrada, pasa por capas ocultas y finalmente produce un resultado en la capa de salida (usado en el Machine Learning).

Las CNN son un tipo especial de red neuronal diseñadas para procesar e identificar patrones visuales en imágenes (usado en el Deep Learning). Las capas de convolución y pooling les permiten aprender características clave y la capa de salida se conecta a una red neuronal tradicional.



Historia de la IA en Radiología

El matrimonio entre la Inteligencia Artificial (IA) y la Radiología tiene sus raíces en un pasado donde las primeras semillas de esta colaboración fueron sembradas con cautela. Las primeras publicaciones que exploraron la intersección de estas dos disciplinas datan de las últimas décadas del siglo XX.

Pubmed: "Artificial Intelligence" AND Radiology

> Radiat Med. 1983 Apr-Jun;1(2):112-6.



Model-driven visualization of coronary arteries

G T Herman, L Axel, R Bajcsy, H Kundel, R LeVeen, J K Udupa, G Wolf

Abstract

In a joint project between the Department of Computer and Information Sciences and the Department of Radiology, we are applying techniques of artificial intelligence to improve clinical

Primeras publicaciones (1990-2000)

Las publicaciones se centraron en aplicaciones específicas como, por ejemplo, la detección de microcalcificaciones en mamografías y se exploraron algoritmos de procesamiento de imágenes para identificar patrones que podrían ser indicativos de condiciones médicas, sentando así las **bases para el desarrollo futuro.**

Review Article

1994. Vyborny CJ, Giger ML.
AJR Am J Roentgenol.
10.2214/ajr.162.3.8109525

Computer Vision and Artificial Intelligence in Mammography

Carl J. Vyborny^{1,2} and Maryellen L. Giger²

Progress in Radiology

Three-Dimensional Techniques and Artificial Intelligence in Thallium-201 Cardiac Imaging

E. Gordon DePuey,¹ Ernest V. Garcia,¹ and Norberto F. Ezquerro²

1989. DePuey EG, Garcia EV,
Ezquerro NF. AJR Am J
Roentgenol
10.2214/ajr.152.6.1161

IMAGING & THERAPEUTIC TECHNOLOGY

Artificial Intelligence in Radiology: Decision Support Systems¹

Charles E. Kahn, Jr, MD

Computer Applications

Henry A. Swett, MD • Perry L. Miller, MD, PhD

ICON: A Computer-based Approach to Differential Diagnosis in Radiology¹

1994. Kahn CE Jr. Radiographics
10.1148/radiographics.14.4.7938772

1987. Swett HA, Miller PL. Radiology
10.1148/radiology.163.2.3550885

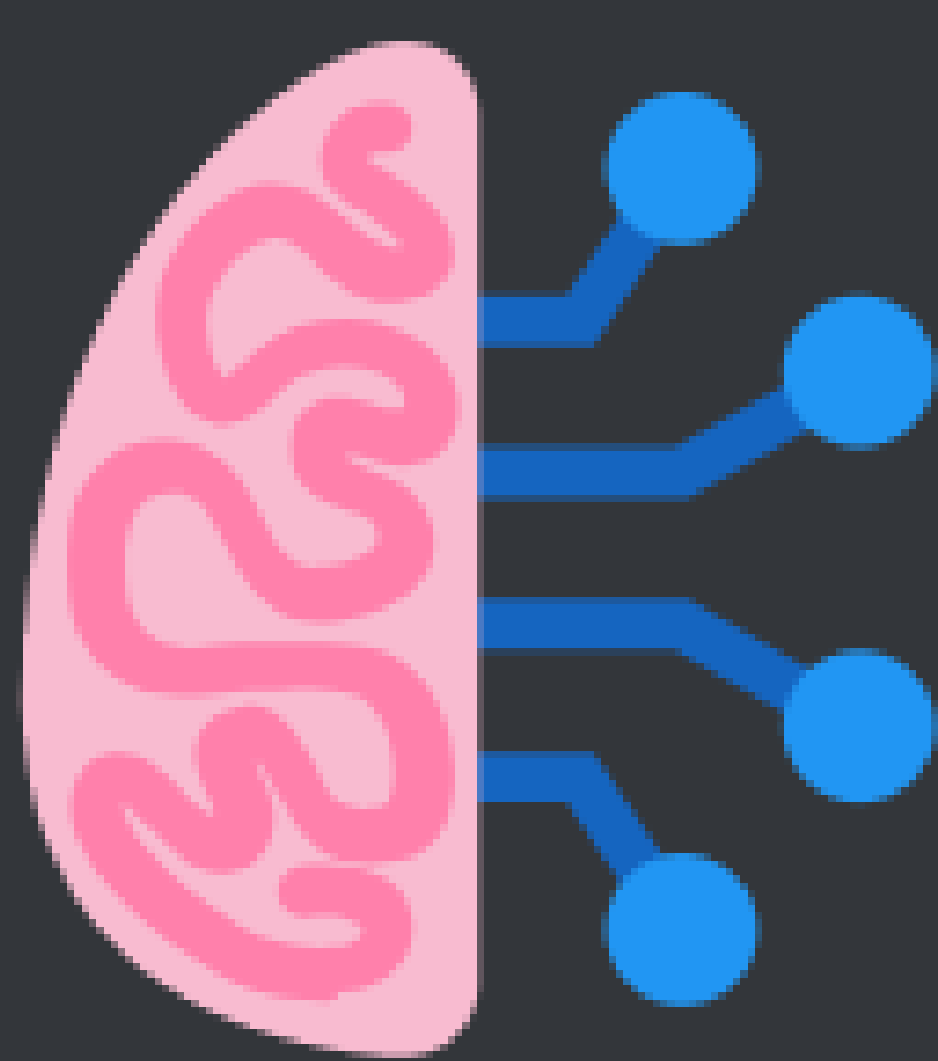
Tecnologías Emergentes (2000-2010)

A medida que avanzábamos en la década de 2010, el renacimiento de la IA y los **avances en el Deep Learning** comenzaron a ganar prominencia.

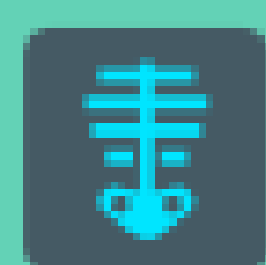
Desafíos y expectativas (2010-presente)

El crecimiento exponencial de datos médicos y la **capacidad de procesamiento** llevaron a la rápida evolución de las aplicaciones de IA en Radiología con una transición hacia la integración de la IA en la rutina clínica.

La IA en el pasado



1920s



Desarrollo de la radiografía como herramienta diagnóstica.

1950s



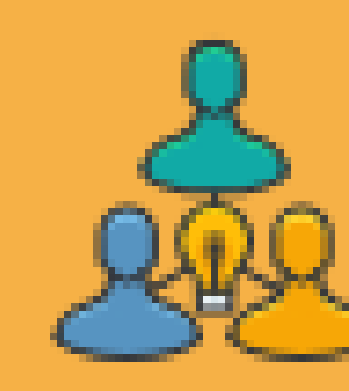
Alan Turing propone la "Prueba de Turing", sentando las bases para la inteligencia artificial.

1960s



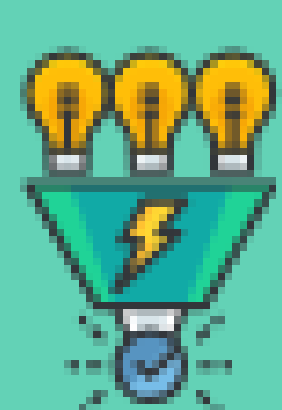
Desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones en medicina.

1970s



Introducción de la TC para obtener imágenes tridimensionales.

1980s



Se inician las técnicas de aprendizaje automático.

Inicio del uso de la RM

1990s



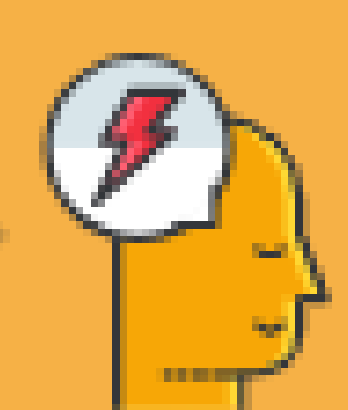
Avances en imágenes por ultrasonido y digitalización de imágenes radiológicas

2000s



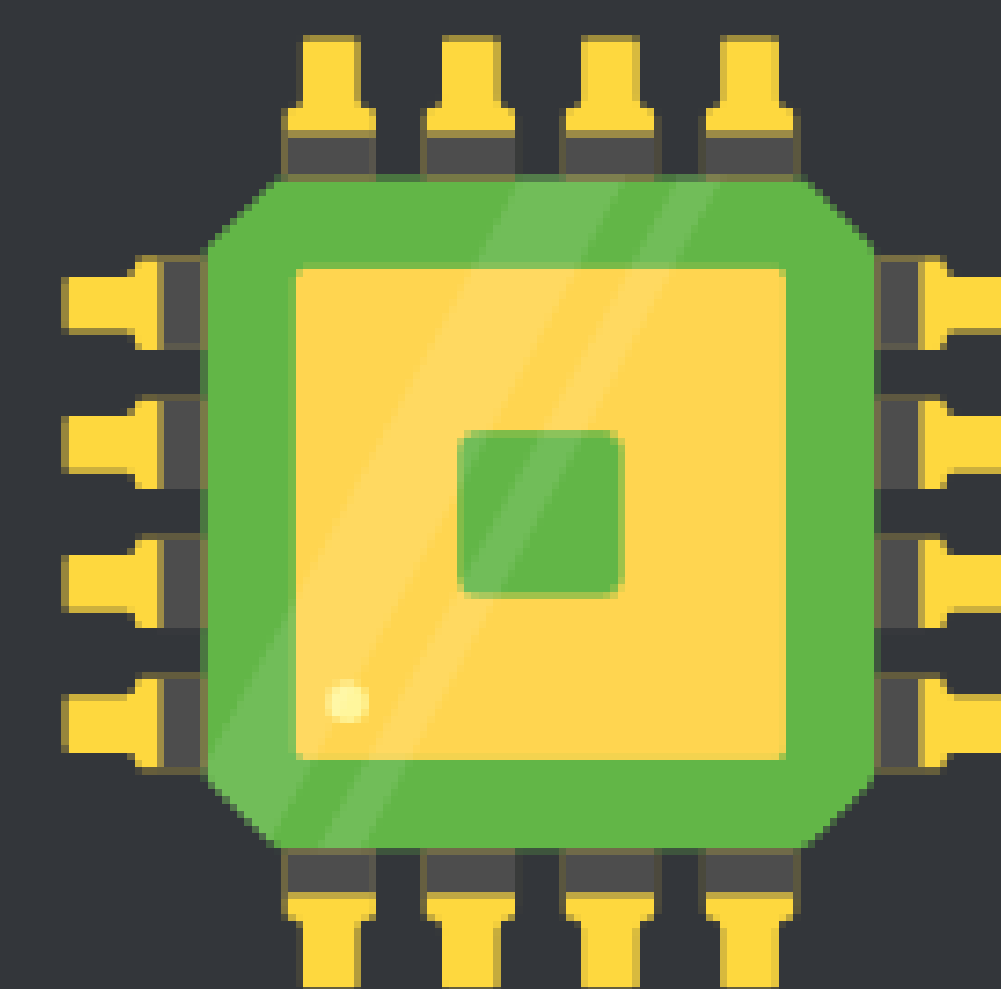
Auge de la inteligencia artificial e inicio del aprendizaje profundo

2010s



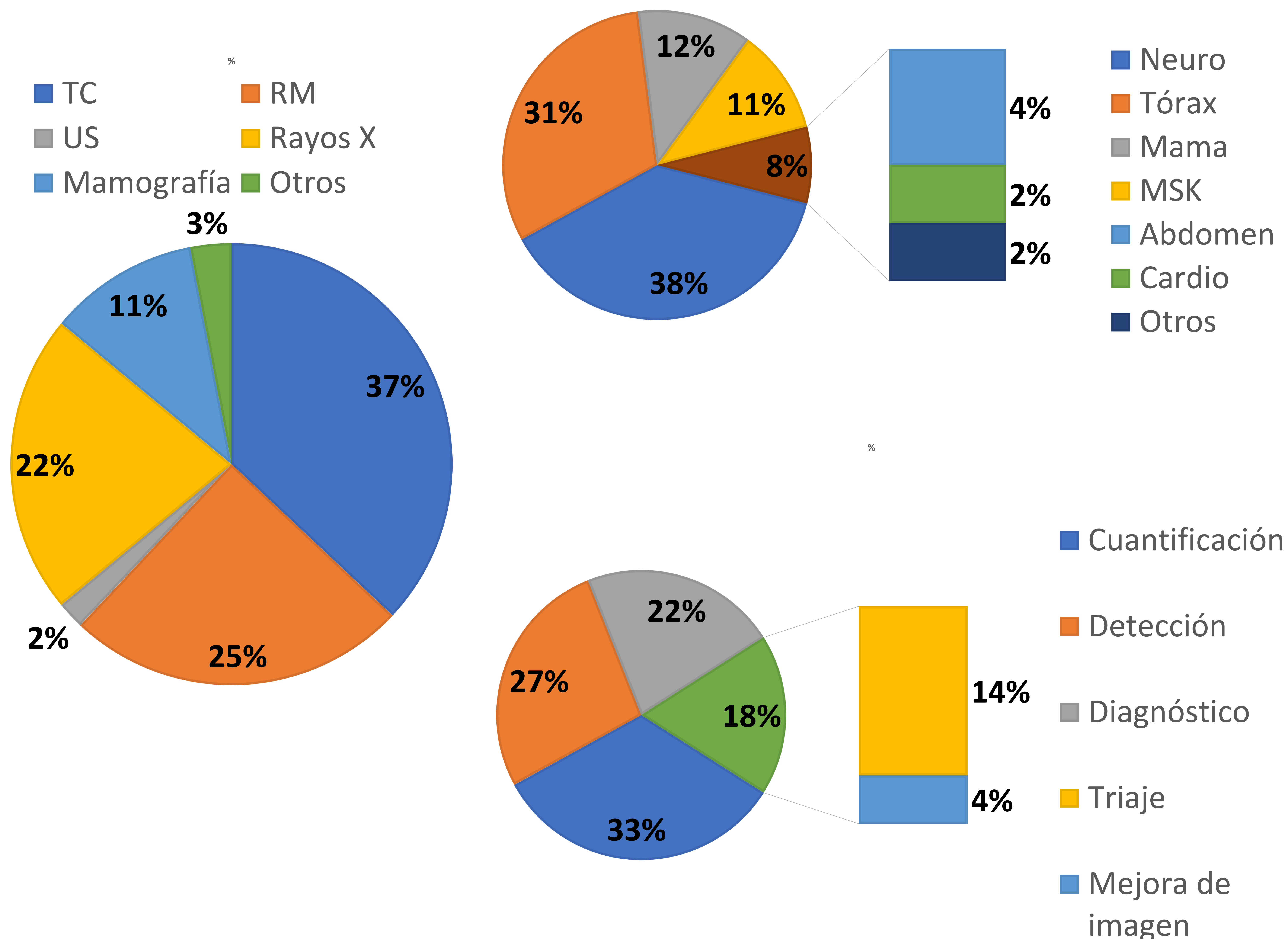
2018: FDA aprueba el primer software de diagnóstico en radiología asistido por inteligencia artificial.

La IA en el presente



Presente de la IA en Radiología

En el momento actual, la integración de la IA en Radiología ha superado los estadios iniciales de experimentación y se encuentra en una **fase de crecimiento y consolidación**. No estamos en pañales, sino más bien en una etapa de madurez, siendo las aplicaciones de IA en la práctica radiológica muy diversas.



Aplicaciones en el presente



Radiómica



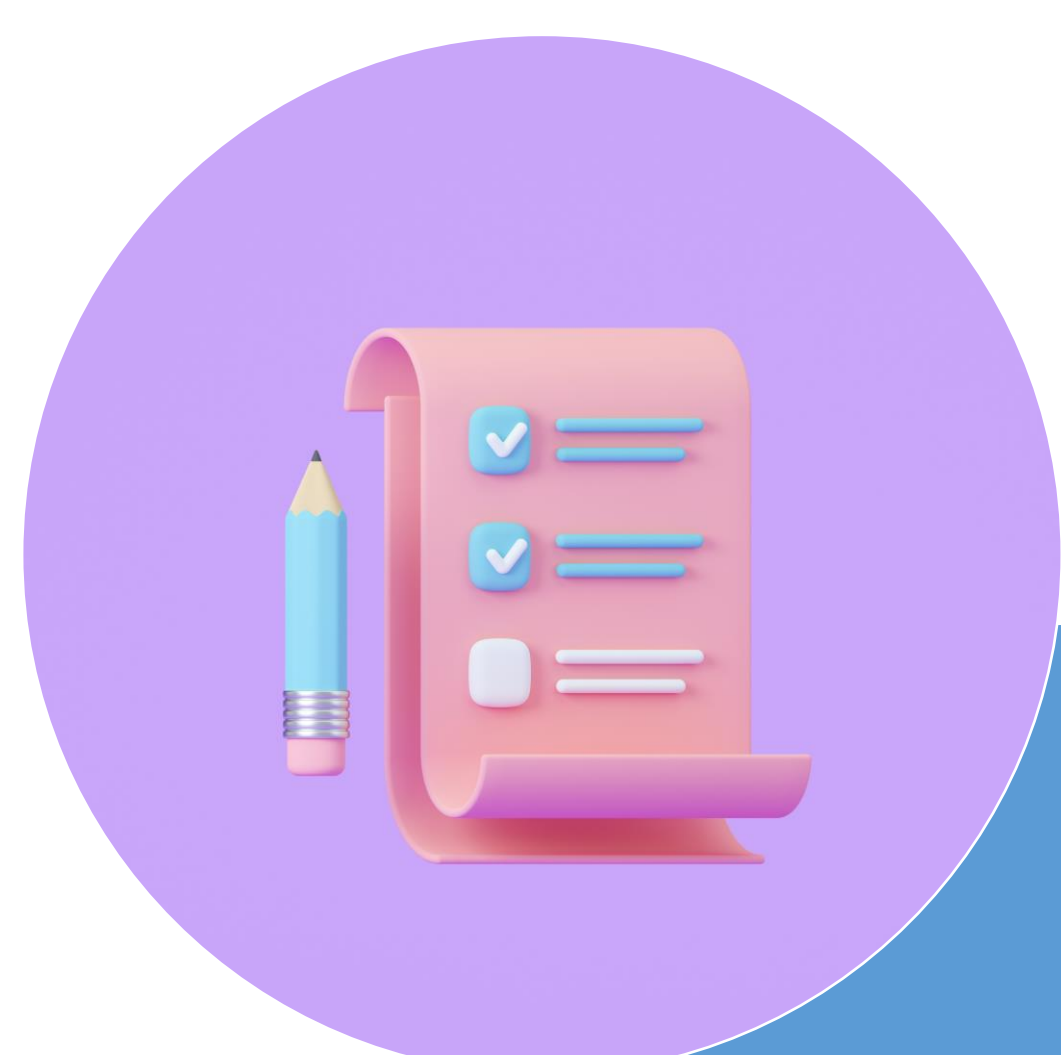
Interpretación



Optimización
del trabajo



Adquisición del
estudio



Programación
del estudio

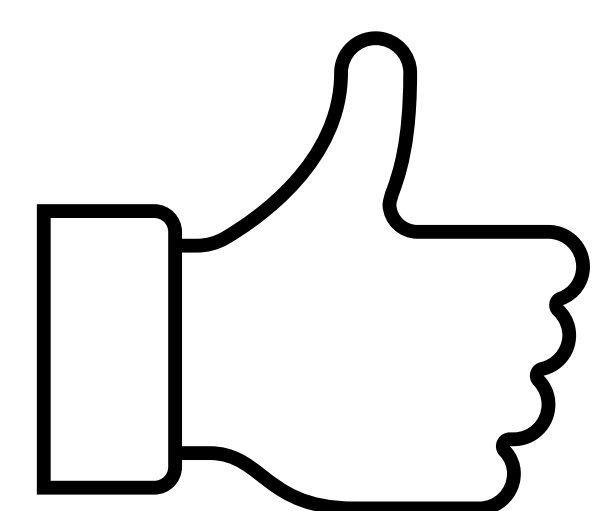


En la programación del estudio

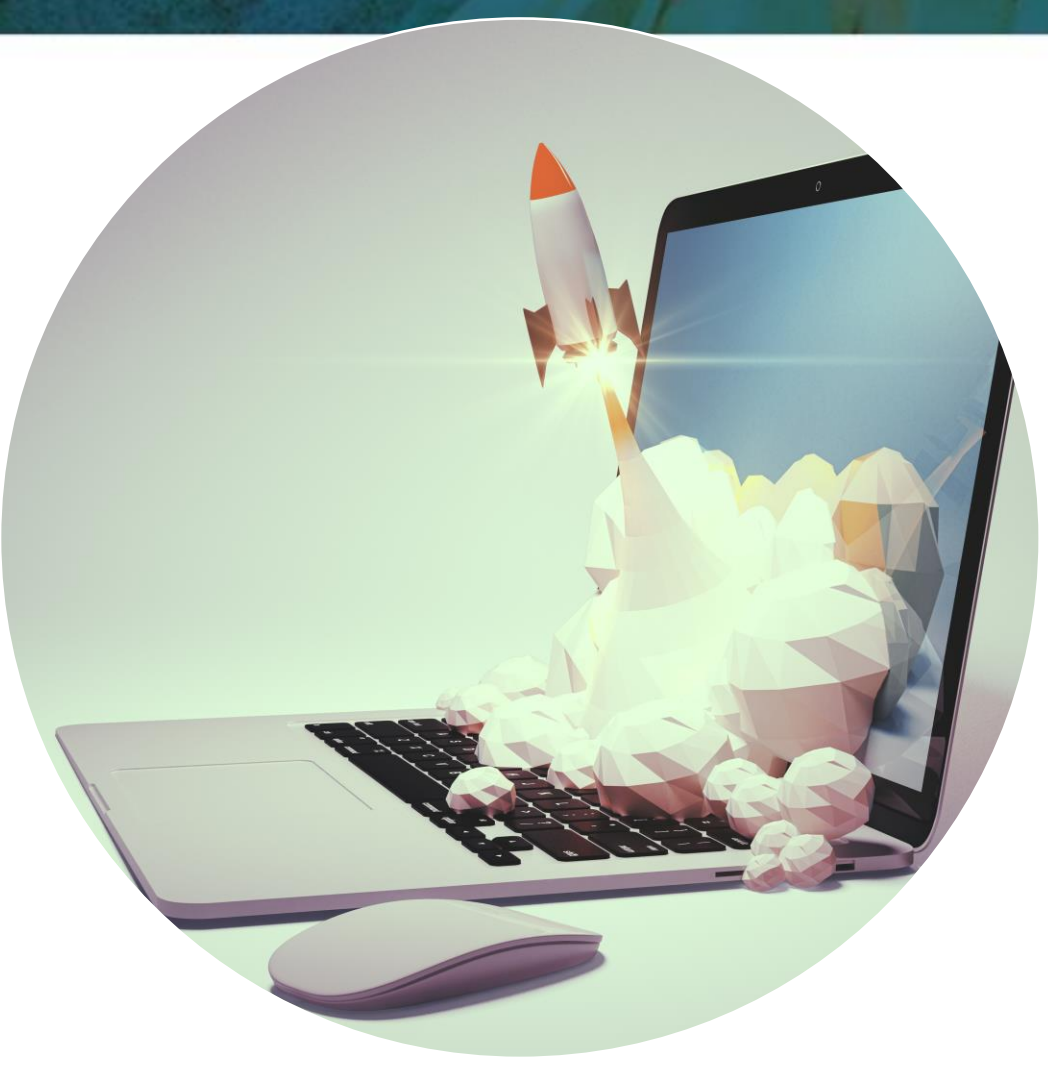
1. Los algoritmos de IA pueden utilizarse a la hora de solicitar imágenes diagnósticas por parte del peticionario. El Colegio Americano de Radiología (ACR) ha desarrollado **criterios de idoneidad**.
2. La IA también puede utilizarse en el momento de la programación de un paciente. Curtis et al. demostraron un modelo de IA que podría predecir con precisión los **tiempos de espera o retrasos** en las citas para TC, RM, radiografía y ecografía.

Permite comunicar estos tiempos a los pacientes

Identifica oportunidades de mejora en las listas de espera



Satisfacción subjetiva

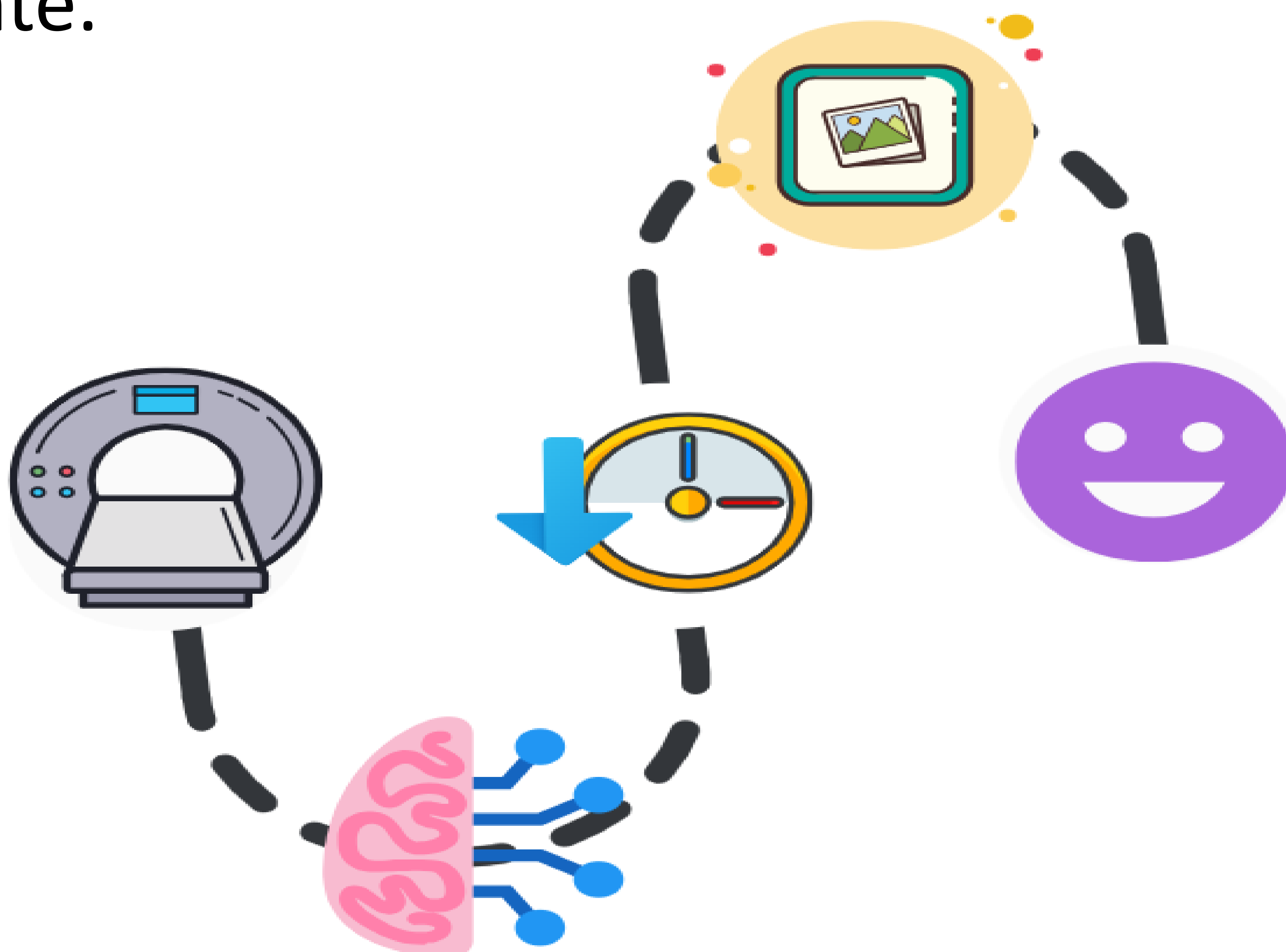


En la adquisición del estudio

Entre otras aplicaciones cabe destacar:

- 1. Disminución del ruido** de la imagen en estudios de TC adquiridos con bajo nivel de radiación (menor exposición).
- 2. Minimización de los artefactos** generados durante el proceso de adquisición.

Aplicados estos usos de forma práctica: en RM implicaría una disminución del tiempo de exploración, al mejorar la calidad de las imágenes y optimizar la selección de secuencias apropiadas en función de las características del paciente.



1

En la optimización del trabajo

El área de mayor potencial de utilización inmediata de la IA se encuentra en la **gestión del trabajo**.

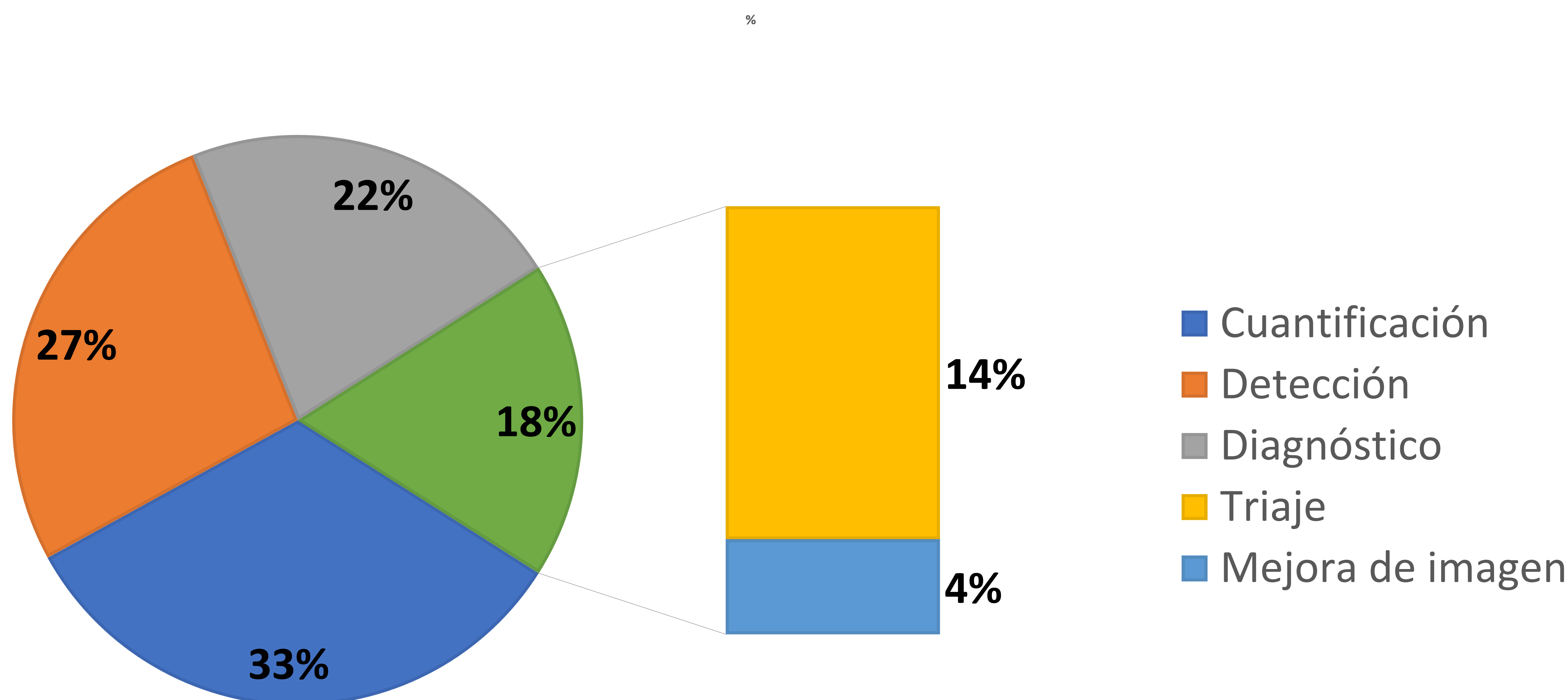
Por ejemplo, se han desarrollado clasificadores para identificar radiografías de tórax anormales o para detectar hemorragias intracraneales e infartos cerebrales tanto en TC como RM.

Si estas herramientas se integran en el PACS, se genera una "**lista de trabajo inteligente**" que prioriza los exámenes anormales, reduciendo así el tiempo hasta el diagnóstico y tratamiento.



En la interpretación

Ya se ha mencionado previamente la importancia de la IA en la interpretación. Las mediciones automatizadas, cálculos volumétricos y avances en la segmentación suelen ser **más precisas y reproducibles** tanto para el seguimiento de tumores como de otras patologías.



Los avances en el procesamiento del lenguaje natural ofrecen un informe auto completado con los hallazgos visualizados por la IA. Además, existen aplicaciones para **organizar automáticamente un dictado no estructurado.**



En la radiómica

Las imágenes poseen características no perceptibles al ojo humano, que podrían ser de relevancia diagnóstica. **La radiómica consiste en recopilar esas características cuantitativas no detectables, para que puedan ser analizadas matemáticamente.** Por poner un ejemplo, hablaremos de la “textura tumoral”.

La textura tumoral se refiere a la variabilidad en la intensidad de los **píxeles** dentro de una lesión tumoral y su análisis permite:

- Determinar la **heterogeneidad tumoral** y analizar la agresividad del tumor.
- Determinar la **respuesta al tratamiento**: los cambios en la textura tumoral pueden indicar cómo está respondiendo el tumor a la terapia.
- Determinar el grado de **diferenciación tumoral**: La textura puede ayudar a distinguir entre diferentes tipos de tumores o a evaluar el grado de diferenciación celular.

Futuro de la IA en Radiología

Cualquier intento de predecir los próximos 10 años es difícil. Existen muchos ejemplos que son recordatorios del error de hacer predicciones en tecnología.



“¿Qué uso podría darle esta empresa a un juguete eléctrico?” Willian Orton 1876, presidente de Western Union sobre el teléfono.



"Creo que existe un mercado mundial para unas cinco computadoras", Thomas Watson 1943, presidente de IBM.

"No hay ninguna razón por la que alguien quiera tener una computadora en su hogar", Ken Olsen 1977, fundador de Digital Equipment Corporation.



“La televisión no podrá retener ningún mercado después de los primeros seis meses. La gente pronto se cansará de mirar cada noche una caja de madera contrachapada”. Daryl Zanuck 1964, cofundador de 20th Century Fox.

Futuro de la IA en Radiología

Aunque muchas son las incógnitas en el futuro de la IA hay que resaltar las siguientes:

Seguridad de los archivos DICOM: Hará más difícil analizar y alterar tanto las etiquetas DICOM como los píxeles.

Redes generativas adversariales semisupervisadas: Son redes neuronales de DL que requieren menos datos para su entrenamiento.

Mejorar la estandarización de la Radiómica para facilitar la reproducibilidad y la aplicación clínica. Se ha creado "Image Biomarker Standardization Initiative and the Radiomics Quality Score".

Marco geopolítico incierto: La cadena de suministro de aceleradores de hardware que impulsa la revolución de la IA está siendo amenazada.

¿LA IA REEMPLAZARÁ AL RADIÓLOGO EN UN FUTURO?



Según el estudio de Julia Golberg et al. la sociedad no cree en la teoría de la sustitución sino más bien en el concepto de "**radiólogos aumentados por IA**".

Sin embargo, también debe considerarse otros factores amenazantes. A finales de 2018, se estimaba que había 5 millones de suscripciones a aplicaciones de dermatología de IA. En un período de 10 años, los pacientes tendrán acceso a un número creciente de aplicaciones de IA en radiología, incluidas aquellas que pretenden detectar y diagnosticar enfermedades.



La IA no es autónoma, depende en última instancia de la valoración del radiólogo.

Los resultados de algunas IAs no son comprensibles (fenómeno de la "caja negra"). Muchas de las decisiones no pueden ser explicadas por los desarrolladores y no se puede verificar si las conclusiones son verdad.

Las IAs se prueban en condiciones "ideales" en la mayoría de los estudios. Existe una brecha entre la promesa en la literatura y la aplicación clínica de estos modelos que ha sido denominada "abismo de la IA".

La calidad de las publicaciones sobre IA es baja. El volumen de la literatura sobre IA ha ido aumentando los últimos años, pero la calidad es baja.

La IA no utiliza los estudios previos del paciente.

Limitaciones de la IA

Conclusiones

1. En el viaje hacia el futuro de la radiología, la incorporación de la inteligencia artificial se erige como el aliado indispensable del radiólogo moderno.
2. Más que una amenaza, la IA se convierte en el catalizador del empoderamiento radiológico, elevando la práctica a nuevas alturas.
3. A través del aprendizaje continuo, la IA y el radiólogo forman una simbiosis única. La IA se perfecciona con cada interacción, brindando al radiólogo un compañero evolutivo que impulsa su mejora.

A pesar de las limitaciones actuales de la IA, no permitamos que nuestra resistencia a la tecnología nos relegue al papel de ser recordados en el futuro por nuestra renuencia a abrazar el avance tecnológico como fueron otros en el pasado.



Bibliografía:

- Erickson BJ. Basic artificial intelligence techniques: Machine learning and deep learning. Radiol Clin North Am. 2021;59(6):933–40.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2021.06.004>
- van Leeuwen KG, Schalekamp S, Rutten MJCM, van Ginneken B, de Rooij M. Artificial intelligence in radiology: 100 commercially available products and their scientific evidence. Eur Radiol. 2021;31(6):3797–804.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00330-021-07892-z>
- Syed AB, Zoga AC. Artificial intelligence in radiology: Current technology and future directions. Semin Musculoskelet Radiol. 2018;22(5):540–5.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-0038-1673383>
- Goldberg JE, Rosenkrantz AB. Artificial intelligence and radiology: A social media perspective. Curr Probl Diagn Radiol. 2019;48(4):308–11.
<http://dx.doi.org/10.1067/j.cpradiol.2018.07.005>
- Kelly BS, Judge C, Bollard SM, Clifford SM, Healy GM, Aziz A, et al. Correction to: Radiology artificial intelligence: a systematic review and evaluation of methods (RAISE). Eur Radiol. 2022;32(11):8054.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00330-022-08832-1>
- Boeken T, Feydy J, Lecler A, Soyer P, Feydy A, Barat M, et al. Artificial intelligence in diagnostic and interventional radiology: Where are we now? Diagn Interv Imaging. 2023;104(1):1–5.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.diii.2022.11.004>
- Saboury B, Morris M, Siegel E. Future directions in artificial intelligence. Radiol Clin North Am. 2021;59(6):1085–95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2021.07.008>